



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

Dissertação de mestrado

**Utilização do Espaço Sonoro por Quatro Espécies de Hylidae do Cerrado no
Brasil Central**



Andréa Braga de Lira

Orientador: Reuber Albuquerque Brandão

Brasília- DF

2017

Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Florestal
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais

Utilização do Espaço Sonoro por Quatro Espécies de Hylidae do Cerrado no Brasil
Central

Andréa Braga de Lira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Instituto de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Reuber Albuquerque Brandão

Brasília- DF

2017



Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Florestal
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais

Dissertação de Mestrado

Título:

**“Utilização do Espaço Sonoro por quatro espécies de Hylidae do Cerrado no
Brasil Central”**

Andréa Braga de Lira

Banca Examinadora

Prof. Dr. Reuber Albuquerque Brandão
Orientador – UnB

Prof. Dra. Paula Cabral Eterovick
Membro Titular– PUC Minas

Profa. Dr. José Roberto Rodrigues Pinto
Membro Titular – UnB

Prof. Dr. Éder Pereira Miguel
Suplente– UnB

Imagens da capa:

Da esquerda para a direita:

Dendropsophus rubicundulus. Foto: Andréa Braga de Lira. Estação Ecológica de Águas Emendadas, Brasília- DF, Brasil.

Scinax fuscovarius. Foto: Leandro Alves. Município de Nova Iorque, Maranhão-MA, Brasil.

Scinax fuscomarginatus. Foto: Andréa Braga de Lira. Estação Ecológica de Águas Emendadas, Brasília- DF, Brasil.

Boana albopunctata. Foto: Andréa Braga de Lira. Estação Ecológica de Águas Emendadas, Brasília- DF, Brasil.

FICHA CATALOGRÁFICA

DE LIRA, ANDRÉA BRAGA

Utilização do Espaço Sonoro por quatro espécies de Hylidae do Cerrado no Brasil Central. 2017. 57p. (EFL/FT/UNB, Mestre. Dissertação de Mestrado- Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal). Brasília, 2017.

- | | |
|----------------|-------------|
| 1. Anuros | 2. Hylidae |
| 3. Vocalização | 4. Cerrado |
| 5. Fisiologia | 6. Ecologia |

I. EFL/ FT

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

De Lira, Andréa Braga. 2017. Utilização do Espaço Sonoro por quatro espécies de Hylidae do Cerrado no Brasil Central. 2017. 57p. (EFL/FT/UNB, Mestre. Dissertação de Mestrado- Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal). Brasília, DF, 57p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Andréa Braga de Lira.

Título: Utilização do Espaço Sonoro por quatro espécies de Hylidae do Cerrado no Brasil Central.

GRAU: Mestre

ANO: 2017

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do auto

Andréa Braga de Lira

E-mail: andreabragadelira@gmail.com

Brasília, DF- Brasil.

Dedico este trabalho à minha família.

In memória de Levino Braga, meu avô amado...

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Izabel e meu irmão Victor, por seus exemplos de garra e persistência, por simplesmente serem parte de minha mais bonita história, obrigada. Ao meu orientador Reuber, que através de sua paixão pela biologia, nunca me deixou esquecer que eu tinha um longo caminho pela frente e que ele podia ser cada vez melhor. A você, meu reconhecimento e admiração! Obrigada por tudo!

Agradeço ao profissionalismo de Renata Alquezar, nos ensinamentos de Bioacústica e estatística. À Marcela Ferreira (Marcelinha) pelo apoio nas análises em estatística e por sua amizade. Muito obrigada mesmo, nunca me esquecerei de tudo o que você fez por mim. Aos colegas da Unicamp, que conheci durante o curso de Bioacústica: Roseli Forato, Felipe Andrade e Lucas Forti muito obrigada pelas dicas e apoio. Roseli, mesmo à distância, você esteve sempre presente e foi muito querida em se dispor a tirar dúvidas. Peguei muito no “seu pé”, você foi muito paciente. Ao Tarcísio por sua gentileza em ensinar de maneira tão cuidadosa e amigável nesses dois anos, e principalmente pelos conselhos e amizade que foram preciosos.

À equipe do Laboratório de Fauna e Unidades de Conservação (LAFUC). Muitos de vocês foram muito especiais comigo em momentos de minha vida particular e de minha formação no mestrado. Por isso, estarão sempre em minha memória com carinho.

Aos amigos e colegas que com sinceridade torceram por mim, me incentivaram, me ajudaram em momentos difíceis e também estiveram ao meu lado compartilhando momentos felizes. Não preciso citar nomes, cada um de vocês sabe a quem me refiro. Vocês estão em meu coração, para sempre... e saibam que são parte fundamental da realização desse trabalho!

Agradeço também ao Departamento da Pós-Graduação em Ciências Florestais da UNB, a toda a equipe de professores, técnicos e colegas de curso que compõem o programa. Ao programa da Capes pelo financiamento através da bolsa de estudos. Aos programas de moradia estudantil, vale transporte, alimentação e apoio psicológico da UNB. Obrigada, espero que programas como esses possam ser cada vez mais difundidos no meio acadêmico.

Mergulhar no universo dos sons, apesar de parecer romântico, foi um trabalho árduo, desafiador, bonito, curioso e fascinante. Foi incrível os primeiros passos nessa imensa sinfonia que a fauna proporciona. Espero ter a oportunidade de entender e me especializar

cada vez mais. Esse é apenas o resultado de um singelo manuscrito realizado com muito esforço e dedicação...

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
MATERIAIS E MÉTODOS	4
Área de Estudo	4
Espécies Estudadas.....	6
Coleta de Dados	9
Análises Bioacústicas.....	11
Variáveis Bioacústicas	12
Análises Estatísticas.....	12
RESULTADOS.....	15
DISCUSSÃO.....	24
CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

Lista de Imagens

Imagem 1: <i>Boana albopunctata</i> . Foto: Andréa Braga.....	9
Imagem 2: <i>Dendropsophus rubicundulus</i> . Foto: Andréa Braga.....	9
Imagem 3: <i>Scinax fuscovarius</i> . Foto: Leandro Alves.....	9
Imagem 4: <i>Scinax fuscomarginatus</i> . Foto: Antônio Gabriel.	9
Imagem 6: Tanque de piscicultura abandonado.	10
Imagem 7: Calha de drenagem	10
Imagem 8: imagem de satélite Landsat e local exato das parcelas instaladas próximas aos tanques abandonados, córrego intermitente e Lagoa Bonita.....	10
Imagem 9: Demarcação das parcelas.....	11

Lista de Figuras

Figura 1: Localização da área de estudo. Polígono (cinza escuro) representando a Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE), Brasília- DF e o local da área de amostragem em destaque (preto).....	5
Figura 2: Distribuição mensal da abundância de A (<i>Dendropsophus rubicundulus</i>); B (<i>Boana albopunctata</i>); C (<i>Scinax fuscomarginatus</i>); D (<i>Scinax fuscovarius</i>) gravados durante a fase de estudo e dados de temperatura e precipitação.	16
Figura 3: Oscilograma (abaixo) e espectograma (acima) do canto de anúncio das quatro espécies de hílídeos avaliadas. A (<i>Scinax fuscovarius</i>), B (<i>Dendropsophus rubicundulus</i>), C (<i>Boana albopunctata</i>), D (<i>Scinax fuscomarginatus</i>).	18
Figura 4: Distribuição no espaço canônico das quatro espécies de Hylidae estudados na Estação Ecológica de Águas Emendadas - DF, com base em variáveis espectrais do canto. S_fuscov = <i>Scinax fuscovarius</i> , B_albo = <i>Boana albopunctata</i> , S_fuscomar = <i>Scinax fuscomarginatus</i> e D_rubi = <i>Dendropsophus rubicundulus</i>	20

Figura 5: Frequência da distribuição dos valores observados (0,28, indicado por uma seta) e esperados da sobreposição de nicho entre as quatro espécies de hilídeos avaliadas (*Dendropsophus rubicundulus*, *Scinax fuscovarius*, *Scinax fuscomarginatus*, *Boana albopunctata*), na Estação Ecológica de Águas Emendadas-DF, considerando a utilização do algoritmo RA2. A sobreposição observada foi menor que a esperada ao acaso ($P = 0,032$).
..... 21

Figura 6: Frequência da distribuição dos valores observado (0,28, indicado por uma seta) e esperados da sobreposição de nicho entre as quatro espécies de hilídeos avaliadas (*Dendropsophus rubicundulus*, *Scinax fuscovarius*, *Scinax fuscomarginatus*, *Boana albopunctata*), na Estação Ecológica de Águas Emendadas-DF considerando a utilização do algoritmo RA3. A sobreposição observada foi menor que a esperada ao acaso ($P = 0,001$).
..... 21

Figura 7: Seleção das variáveis a serem utilizadas no Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM) através de correlação. CRC (comprimento rostro- cloacal, Temp (temperatura média), Umid (umidade do ar), Alt (altura do poleiro), Distagua (distância da água), Exp (exposição), Tipol (tipo de poleiro). 22

Figura 8: Peso cumulativo de Akaike e o grau de importância das variáveis utilizadas em cada modelo selecionado. Alt (altura do poleiro), CRC (comprimento rostro- cloacal, Dst (distância da água), Exp (exposição), Tmp (temperatura média). 24

Lista de Tabelas

Tabela 1: Valores dos componentes da análise discriminante utilizados para separar as espécies baseados nas características espectrais do canto de anúncio (frequência mínima, frequência máxima, frequência fundamental e frequência dominante). 19

Tabela 2: Modelos possíveis para testar a influência de variáveis ambientais e biológicas sobre a taxa de repetição do canto de anúncio dos hilídeos estudados (*Dendropsophus rubicundulus*, *Scinax fuscovarius*, *Scinax fuscomarginatus*, *Boana albopunctata*), na Estação Ecológica de Águas Emendadas-DF. São apresentados o número de parâmetros estimáveis (K), os valores do critério de informação de Akaike de segunda

ordem (AICc), as diferenças de AICc ($\Delta AICc$), os pesos AICc (W_i) e a estimativa da log máxima verossimilhança negativa (modelo likelihood-LL). As espécies foram incluídas como fator randômico em todos os modelos. CRC (comprimento rostro- cloacal), Dst (distância da água), Tmp (temperatura média), Alt (altura do poleiro), Exp (exposição)... 23

Tabela 3: Média do modelo estimado (Estimador), erro padrão (SE), importância relativa (IR), e nível de significância (P) dos efeitos fixados através do modelo linear generalizado (GLMM) testando a variação nas taxas de repetição do canto de anúncio das espécies estudadas (*Dendropsophus rubicundulus*, *Scinax fuscovarius*, *Scinax fuscomarginatus*, *Boana albopunctata*), na Estação Ecológica de Águas Emendadas-DF. Foi utilizado log (taxa de repetição) como uma covariável e espécies como fator randômico em todos os modelos. Alt (altura do poleiro), CRC (comprimento rostro- cloacal), Dst (distância da água), Exp (exposição), Tmp (temperatura média). 23

RESUMO

Os processos de comunicação em anuros têm se sido foco de diversas pesquisas que avaliam interações inter-específicas e a maneira como as espécies utilizam o espaço acústico através do canto de anúncio. As características dos parâmetros do canto são de fato, importantes para a co-ocorrência de híldeos em sítios de reprodução. Neste estudo, o período em que foi permitido obter o maior registro de gravações foi durante a estação chuvosa. Para todos os dados levantados em campo, os valores espectrais do canto se diferem quantos aos valores médios e ocupam espaços acústicos característicos. A sobreposição do nicho acústico foi menor que o esperado ao acaso, indicando que ocorra estruturação da assembléia no uso dos recursos. As taxas de repetição do canto foram explicadas por variáveis obtidas para cada indivíduo gravado, sendo elas: comprimento rostro-cloacal, temperatura e distância do animal para a água.

Palavras-chave: anuros, espaço acústico, canto de anúncio, parâmetros espectrais, taxas de repetição.

ABSTRACT

The processes of communication in anurans have been the focus of several researches that evaluate inter-specific interactions and the way in which the species use the acoustic space through the advertisement call. The characteristics of the call parameters are in fact important for the co-occurrence of hylídeos in breeding sites. In this study, the period in which it was allowed to obtain the largest recording record was during the rainy season. For all the data collected in the field, the spectral values of the call differ as much as the mean values and occupy characteristic acoustic spaces. The overlapping of the acoustic niche was less than expected at random, indicating that assembly structuring occurs in the use of resources. The rates repetition of call were explained by variables obtained for each recorded individual, being: rostrum-cloacal length, temperature and distance from the animal to the water.

Key words: anurans, acoustic space, advertisement call, spectral parameters, rates repetition.

INTRODUÇÃO

A comunicação é caracterizada como um modelo linear para a troca de informações entre emissores e receptores por meio da transferência de um sinal (Truax 2011). A emissão do conteúdo contido na informação pode ser manipulada por um emissor e interpretada por um receptor (Hauser 2002). Através da transmissão dos sinais sonoros, a comunicação se tornou fundamental na formação das relações sociais estabelecidas entre grupos de animais e, geralmente, está vinculada a processos reprodutivos em diversos grupos taxonômicos (Goodenough *et al.* 1993, Krebs e Davies 1996). Exemplos desse processo podem ser verificados em alguns mamíferos, como primatas e mamíferos marinhos, que apresentam um complexo sistema de comunicação vocal. Em morcegos, os sinais sonoros são utilizados para a navegação e obtenção de alimento, além de interações sociais (Davidson e Wilkinson 2004, Dechmann e Safi 2005). As aves apresentam um tipo de comunicação importante para a estabilidade territorial e defesa, atração de parceiro, relações parentais e manutenção dos casais (Kroodsma e Miller 1982, Searcy e Andersson 1986, Catchpole e Slater 1995). Anuros apresentam diferentes tipos de vocalização relacionada às estratégias comportamentais de atração de fêmeas, territorialismo, encontros agonísticos e defesa (Martins *et al.* 1998).

A maior parte das espécies apresenta atividade de vocalização restrita ao período reprodutivo (Guimarães e Bastos 2003, Conte e Machado 2005, Afonso e Eterovick 2007). Em anuros, a emissão de cantos específicos para diferentes contextos comportamentais é um dos mecanismos mais importantes para a comunicação social (Littlejohn 1977, Wells 1977a). Muitos estudos têm evidenciado variações nas atividades de vocalização, em que geralmente estão restritas a períodos específicos do ano (Bridges e Dorcas 2000, Gottsberger e Gruber 2004, Prado *et al.* 2005). As mudanças nas condições climáticas afetam as dinâmicas dos padrões de atividades dos anuros (Ossen e Wassersug 2002). Variáveis ambientais, tais como temperatura (Pough *et al.* 1983, Navas 1996), umidade (Cree 1989), precipitação (Duellman 1995, Donnelley e Guyer 1994), e a combinação entre disponibilidade de água e temperatura (Navas 1996), exercem influência sobre as atividades de vocalização e são responsáveis por essas variações.

Durante o período reprodutivo, os machos da maioria das espécies de anuros produzem cantos de anúncio com o objetivo de atrair fêmeas (Kelley 2004, Bradbury e Vehrencamp 2011), promover o espaçamento entre machos, o recrutamento de indivíduos para o coro e a organização social (Duellman e Trueb 1986, Chek *et al.* 2003, Pröhl *et al.*

2007). Esse tipo de canto tem sido o mais estudado e fornece informações acerca do reconhecimento intra-específico (Amézquita *et al.* 2006, Grenat *et al.* 2013). Os parâmetros espectrais e temporais do canto apresentam adaptações que evitam ou reduzem as interferências acústicas inter ou intraespecífica (Boul *et al.* 2007), favorecem o isolamento reprodutivo (Duellman 1967, Wells 1977, Lamb e Avise 1986, Cardoso e Vielliard 1990), e o reconhecimento entre as espécies (Wells 2007, Pombal 2010).

Diferenças nos cantos estão associadas ao tamanho e a forma da laringe, garantindo vocalizações características entre as espécies (Schmidt 1976). Mesmo assim, problemas relacionados à discriminação do canto dos machos pelas fêmeas e interferências acústicas são comuns em áreas onde espécies de anuros vocalizam simultaneamente (Littlejohn 1965). Nesses ambientes de reprodução, é importante que os machos consigam especificar ao máximo o canto de anúncio de sua espécie (Narins e Zelick 1988), evitando as chances de acasalamento interespecífico (Abrunhosa *et al.* 2001). Os machos podem assumir algumas estratégias para evitar interferências acústicas, principalmente através da separação da frequência ou utilizando diferentes bandas de frequência para a transmissão dos sinais (Littlejohn 1965). Pode ocorrer também a separação temporal, onde machos sincronizam taxas de canto e, com isso, reduzem ou evitam a sobreposição (Littlejohn e Martins 1966). Desta forma, fica evidente que o uso do espaço acústico ocorre com a utilização de estratégias utilizadas por anuros (Sinsch *et al.* 2012, Protázio *et al.* 2014, Toledo *et al.* 2015) a fim de evitar as competições intra e inter-específicas.

A competição por recursos tem sido considerada o processo mais importante na estruturação das comunidades biológicas (Gotelli e McCabe 2002). No entanto, a variação temporal na oferta de recursos e outros filtros ambientais (Pianka 1973, Brown 1995) também exercem influência sobre a dinâmica das comunidades naturais. Para evitar a sobreposição de nicho acústico, espécies que co-ocorrem tendem a diferir significativamente os valores médios dos parâmetros do som (Martins *et al.* 2006). Os sinais acústicos são muitas vezes utilizados por animais para a atração de fêmeas e em interações competitivas entre machos (Bradbury e Vehrencamp 2011). Machos mais atrativos apresentam maiores taxas de repetição, maior complexidade, duração e intensidade de suas vocalizações, quando comparados a machos menos atrativos (Gerhardt *et al.* 1994, Schwartz 2001). A coexistência de espécies em diferentes microhábitats ocorre com a sincronização das vocalizações emitidas entre os machos, além de características distintas do canto, o que torna favorável a permanência de muitas espécies em um mesmo ambiente (Vielliard e Cardoso 1996).

A utilização de microhabitats diferenciados entre as espécies de anuros está relacionado aos modos e aos períodos reprodutivos (Haddad e Prado 2005), ocupando diferentes locais ou estratos de vegetação (Schmidt *et al.* 2013) para vocalizarem, tais como o chão, margem de poças, submersos na água, entre a vegetação aquática, entre arbustos sobre pedras, dentro de buracos no solo e em árvores, bromélias, dentre diversos outros locais (Cardoso *et al.* 1989, Lima *et al.* 2006). A posição ocupada pelos indivíduos durante a vocalização tem relação direta com a qualidade dos sinais emitidos. A escolha dos microhabitats de vocalização interfere na estrutura dos sinais acústicos, uma vez que a vegetação e os gradientes microclimáticos (Römer 1998) provocam efeitos deletérios nos sons, tais como a reverberação, reflexão e a absorção dos sinais (Forrest 1994). Os obstáculos tais como galhos, folhas, troncos e outros, degradam e diminuem a distância do alcance da onda sonora (Richards e Wiley 1980). Os gradientes microclimáticos são responsáveis pela formação de zonas de diferentes temperaturas no ar e funcionam como superfícies refletoras quando as ondas sonoras se encontram (Römer 1998).

Os parâmetros temporais do canto de anúncio apresentam maior associação com padrões comportamentais e fisiológicos das espécies (Ryan e Wilczynski 1991). No entanto, alguns estudos têm evidenciado relação significativa entre a taxa de repetição do canto e o comprimento rostro-cloacal dos machos (Garcia *et al.* 2001, Guimarães e Bastos 2003). Por essa razão, alterações nas taxas de repetição podem resultar em perdas energéticas consideráveis (Wells 2007). Além de fatores intrínsecos das espécies, variáveis ambientais também podem influenciar nos parâmetros temporais do canto onde, em algumas espécies, o aumento da temperatura no ambiente pode resultar no incremento das taxas de repetição (Sullivan 1992, Giacom *et al.* 1997).

O objetivo do presente estudo foi investigar como ocorre a utilização do uso do espaço sonoro em quatro espécies sintópicas de hilídeos do Brasil Central. Os objetivos específicos são i) avaliar se há sobreposição do nicho espectral acústico entre as espécies; ii) verificar se as espécies diferenciam os cantos em função da estrutura física do padrão sonoro e iii) investigar quais variáveis ambientais melhor explicam as taxas de repetição dos cantos de anúncio das espécies avaliadas. Para isso, foram testadas as seguintes predições e hipóteses:

Predição 1: espécies que coexistem deverão utilizar diferentes frequências.

H1: Existe sobreposição no uso do espaço acústico.

Predição 2: As espécies tendem a diferir os valores médios de seus parâmetros acústicos.

H2: É possível separar as espécies com base nos parâmetros espectrais dos cantos.

Predição 3: A vocalização classifica as espécies em um espaço acústico.

H3: Fêmeas reconhecem os sinais emitidos por machos co- específicos em um coro.

Predição 4: A morfologia dos machos e o ambiente influenciam as taxas de repetição do canto de anúncio.

H4: Parâmetros acústicos temporais sofrem influência das variáveis ambientais e da morfologia das espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado na Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE). A ESECAE é uma unidade de conservação de proteção integral, de acordo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e foi criada em 12 de agosto de 1968, por meio do decreto distrital nº 771. A Estação está inserida na porção nordeste do Distrito Federal, ao norte da região administrativa de Planaltina, a 50 km do centro de Brasília e a 5 km do centro de Planaltina, com área total de 10.547, 21 ha (Carvalho 2008) (Figura 1). Seu polígono maior é delimitado pela rodovia DF- 128. O polígono menor, onde se situa a Lagoa Bonita, está localizado entre as rodovias BR- 020, DF- 128, DF- 131, a estrada da Caieira e o Córrego Serandi (Carvalho 2008).

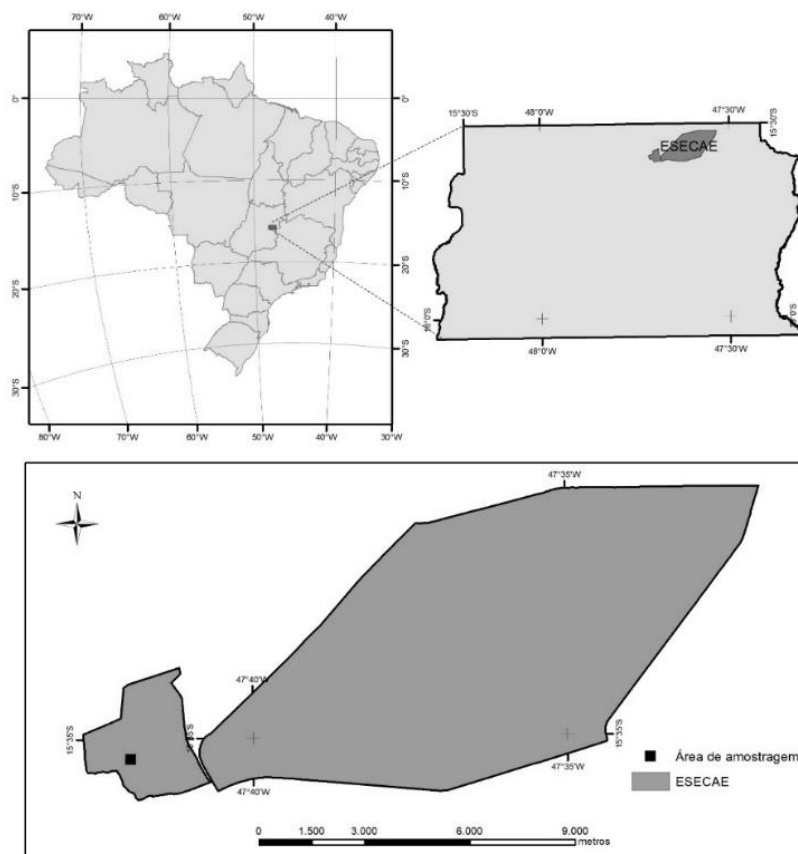


Figura 1: Localização da área de estudo. Polígono (cinza escuro) representando a Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE), Brasília- DF e o local da área de amostragem em destaque (preto).

Dentro dos limites da estação percorre o Córrego Vereda Grande, localizado na bacia hidrográfica do Rio Maranhão, que drena a porção norte da estação e é parte da bacia hidrográfica Tocantins/Araguaia. Na parte sul ocorre a drenagem do Córrego Brejinho, pertencente à Bacia hidrográfica do Rio São Bartolomeu, que faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná (Lima e Silva 2008). Desta forma, o fenômeno das águas emendadas representa a conexão hidrológica entre as maiores bacias hidrográficas da América do Sul.

O clima é tropical (Aw) e tropical de altitude (Cw), segundo a classificação de Köppen (Codeplan 1984). Os meses mais chuvosos ocorrem durante o verão em novembro, dezembro e janeiro e os mais secos durante o inverno, entre junho e agosto. A precipitação média anual é de 1.552,1 mm e a máxima evapotranspiração ocorre nos meses de agosto e setembro, considerado o período de mais baixa umidade relativa do ar (Maia e Baptista 2008).

Ocorrem na ESECAE Campos, Veredas, Cerrado *Stricto Sensu* e, em menor escala, Mata de Galeria (Maury *et al.* 1994, Silva Júnior e Felfili 1996), Mata Mesofítica e Cerrado Denso. A vereda da Lagoa Bonita, próxima dos locais de estudo, é caracterizada por uma

faixa de Butitis, não inundada pela lagoa, com solo hidromórfico, e faz limite com a Floresta Mesofítica (Mata Seca), ao sul, com o Cerrado *Stricto Sensu* contínuo a uma estrita faixa de Campo Limpo Úmido (Munhoz e Ribeiro 2008). A região de seu entorno está ocupada por diversas atividades de uso da terra, tais como mancha urbana, grandes culturas e propriedades rurais.

A Lagoa Bonita é a maior lagoa natural do Distrito Federal. Está localizada no interior da ESECAE e possui 1,7 Km² de superfície, profundidade média de 1,4 m e volume de 2.423.350 m³ (Moraes e Campos 2008). Junto à Lagoa, está a nascente do Córrego Mestre d'Armas, que depois passa a ser tributário do Rio São Bartolomeu, e segue o fluxo no sentido norte-sul do Distrito Federal. As margens da lagoa são ocupadas por veredas, mata de galeria, cerrado ralo, cerrado típico, campo limpo e campo úmido (Munhoz e Ribeiro 2008). No interior da Lagoa e em suas margens pode ser encontrada macrófitas aquáticas (Fonseca 2008), além da presença de algas (Souza *et al.* 2008).

Espécies Estudadas

As espécies *Boana albopunctata*, *Scinax fuscovarius*, *Scinax fuscomarginatus* e *Dendropsophus rubicundulus* são pertencentes à família Hilidae. Dados mais recentes apontam para esta família um valor aproximado de 951 espécies, correspondendo a 14,5% de todos os anuros do planeta. Desse total, 27 gêneros e 338 espécies ocorrem no Brasil (Frost 2011). Os hilídeos apresentam ampla distribuição, com registros nas Américas do Sul e Central, Austrália, Nova Guiné, Europa, extremo norte da África, ocidente e oriente da Ásia e Arquipélago Japonês (AmphibiaWeb 2017). Na região Tropical, essa família se distribui tanto em ambientes abertos quanto florestais (Duellman 1999).

Muitas características são marcantes e diferenciam os hilídeos facilmente de outras famílias. De um modo geral, as espécies que compõem essa família, apresentam hábitos arborícolas, presença de discos adesivos arredondados nas pontas dos dedos, cintura afinada, membros alongados, olhos e cabeça grandes. Ocorre também uma variação considerável no tamanho (1,7 a 14 cm de comprimento) e aparência externa (Lima *et al.* 2006).

A espécie *Boana albopunctata* (Figura 1) é uma perereca de porte médio a grande (Eterovick e Sazima 2004), típica do bioma Cerrado (Frost 2015, Valdujo *et al.* 2012), mas com distribuição ampla nas regiões central, sul e sudeste do Brasil, nordeste da Argentina (na província de Corrientes), norte do Uruguai, leste da Bolívia (no departamento de Santa

Cruz) e leste do Paraguai (Frost 2017). Os indivíduos apresentam coloração do corpo que varia do amarelo ao marrom-claro, com pintas amarelas na parte interna da coxa (Bastos *et al.* 2003). Possui uma “máscara” de coloração marrom-escura a negra abaixo de uma faixa lateral escura no focinho (Ribeiro *et al.* 2005).

A estação reprodutiva dessa espécie é prolongada e utilizam basicamente ambientes lênticos (Bastos *et al.* 2003b), próximos a áreas alagadas permanentes ou temporárias e às margens de riachos (Toledo *et al.* 2003). Os ovos são depositados em corpos lênticos e lóticos e, algumas vezes, ocorre a deposição em câmaras subterrâneas ou em folhas suspensas sobre a água (Duellman e Trueb 1994, Haddad e Sawaya 2000, Haddad e Prado 2005). Quanto ao uso de hábitat, a espécie é generalista, ocupando vários tipos de fitofisionomias do Cerrado (Brandão e Araújo 1998).

O canto de anúncio e a atividade reprodutiva dos machos de *Boana albopunctata* foram investigadas na região de Silvânia, Goiás (Furtado *et al.* 2016). Os machos vocalizam em áreas abertas, geralmente empoleirados em arbustos ou no solo da floresta (com ou sem gramíneas), às margens de corpos d’água com correnteza lenta, formando coros em duetos ou trios, raramente sozinhos. O canto de anúncio não apresenta estrutura harmônica distinguível, mas possui cantos simples e compostos (Furtado *et al.* 2016). Outros estudos descreveram as notas do canto com estrutura pulsada (Haddad *et al.* 1988, Heyer *et al.* 1990, De Sá 1995, De La Riva *et al.* 1997, Kwet *et al.* 2002, Bastos *et al.* 2003a, b; Toledo *et al.* 2007, Vieira *et al.* 2016).

A espécie *Dendropsophus rubicundulus* (Figura 2) é uma pequena rã arbórea, com machos medindo entre 18.0 e 23.4 mm e fêmeas entre 21.6 e 21.0 mm (Napoli e Caramaschi 1999). Possui dorso verde, com duas listras castanhas divergentes na parte anterior da cabeça à região sacral e duas listras sacrais de mesma cor, que se estendem até a região cloacal (Napoli e Caramaschi 1999). Esta espécie ocorre na Bolívia, Brasil e Paraguai (Frost 2010). No Brasil, ela é considerada típica do bioma Cerrado (Napoli e Caramaschi 1999), com registros na região sudeste (estados de Minas Gerais e São Paulo) (Silveira 2006), região centro-oeste (estados de Goiás, Mato- Grosso e Mato- Grosso do Sul) (Silva Jr. *et al.* 2009), região nordeste (Bahia, Ceará e Piauí) (Loebmann e Haddad 2010) e região norte (estado do Tocantins e Pará) (Frost 2010).

O canto de anúncio da população tipo de *Dendropsophus rubicundulus* apresenta nota pulsada, emitida isoladamente ou em série de 2 a 10 notas (Teixeira e Giaretta 2015).

Os machos geralmente começam a vocalizar no início da noite, entre 19:00 e 21:00, sobre folhas, ramos, ou vegetação herbácea, entre 40 e 50 cm acima do solo, próximo a lagoas (Bastos *et al.* 2003b).

A espécie *Scinax fuscovarius* (Figura 3) é arborícola, de hábitos noturnos (Uetanabaro 2008) de porte médio, com CRC médio de 36,0 mm (Haddad *et al.* 2008). A cabeça é grande e aplanada, com focinho oval (Loebmann 2005). Os membros posteriores apresentam membrana interdigital cobrindo dois terços dos dedos, que são terminados com discos adesivos (Loebmann 2005). O macho possui placas nupciais no tórax (Loebmann 2005). Esta espécie apresenta ampla distribuição na Argentina, Paraguai, Bolívia e Uruguai (Frost 2007). No Brasil, ocorre nas regiões centro-oeste, sudeste, sul e Bahia (Haddad *et al.* 2008). Têm tolerância a ambientes perturbados, áreas abertas, bordas de matas, clareiras e áreas urbanas (Brasileiro *et al.* 2005, Aquino *et al.* 2004).

Essa espécie apresenta reprodução explosiva a intermediária (*sensu* Wells 1977, Toledo 2003, Uetanabaro *et al.* 2008) e os indivíduos são comumente encontrados em sítios aquáticos artificiais e naturais, com machos vocalizando na vegetação marginal próximo a corpos d'água (Toledo *et al.* 2003) ou do solo (Brasileiro *et al.* 2005). Os cantos de anúncio emitidos pelos machos são formados por uma única nota pulsionada (Lingnau 2009). Os casais em amplexo depositam os ovos na vegetação aquática, em massas gelatinosas aderidas a plantas aquáticas (Rodrigues *et al.* 2005) com a desova depositada no fundo de corpos d'água, em meio aos dentritos vegetais (Eterovick e Sazima 2004).

Scinax fuscomarginatus (Figura 4) é uma perereca de porte pequeno, não ultrapassando 2 cm de comprimento rostro-cloacal (Lutz 1973). Pode ser encontrada na porção central do Brasil (Haddad *et al.* 2008), região sul, leste da região sudeste e oeste da região pantaneira (Frost 2002). Ocorre ainda no leste da Bolívia, Paraguai e nordeste da Argentina (Frost 2009). É típica de áreas abertas de Cerrado e Pantanal (Toledo e Haddad 2005a). No entanto, uma avaliação de sua distribuição geográfica no Brasil (Leite *et al.* 2008), apontou a ocorrência dessa espécie em ambientes de transição e estuários, na região do Delta do Parnaíba e no estado de Alagoas. Sua distribuição ainda não está bem definida, podendo ser encontrada até mesmo em áreas da Mata Atlântica (Freitas e Silva 2007).

O seu canto de anúncio emitidos por machos da espécie *Scinax fuscomarginatus* é composto por uma nota simples e multipulsionada (Toledo e Haddad 2005). Os machos utilizam a vegetação marginal como sítio de vocalização em agregados em torno de poças

temporárias ou permanentes para a reprodução (Rosa-Ferres e Jim 2001, Bastos 2003a). A desova é depositada em corpos d'água lênticos (Bastos *et al.* 2003a) e padrão de reprodução é prolongado (Wells 1977).



Imagem 1: *Boana albopunctata*. Foto: Andréa Braga.



Imagem 2: *Dendropsophus rubicundulus*. Foto: Andréa Braga.



Imagem 3: *Scinax fuscovarius*. Foto: Leandro Alves.



Imagem 4: *Scinax fuscomarginatus*. Foto: Antônio Gabriel.

Coleta de Dados

As coletas ocorreram nas margens de dois poços de piscicultura desativados (Imagem 5), nas proximidades da Lagoa Bonita e em uma área alagável margeada por drenagem artificial (Imagem 6). Ambos locais estavam dispostos sob as coordenadas UTM 23L 0210531/ 0827472 (Imagem 7). Em cada uma das áreas foram instalados transectos constituídos por 18 parcelas de 25 m², com 25 quadrantes no total (Imagem 8). Os dados foram coletados durante onze meses, entre março de 2016 a fevereiro de 2017, duas vezes por semana, em horário noturno no intervalo de 19:00 às 21:00.



Imagem 5: Tanque de piscicultura abandonado.



Imagem 6: Calha de drenagem

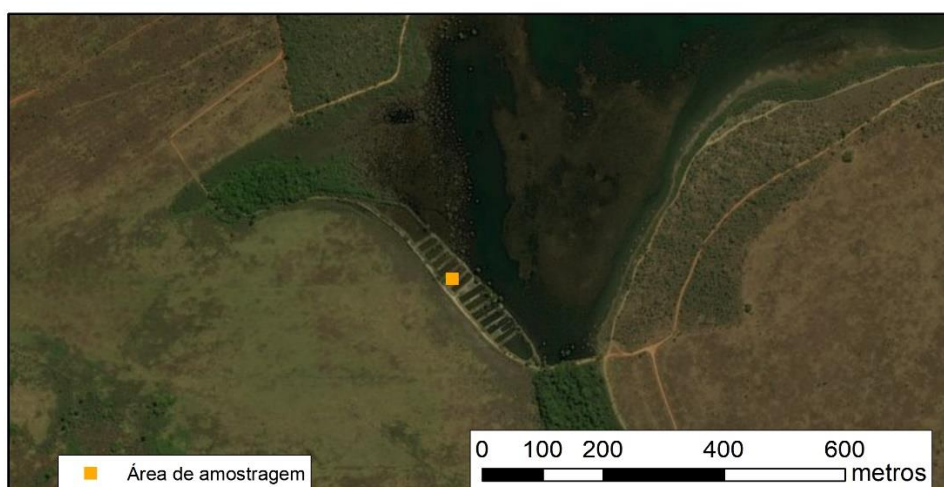


Imagem 7: imagem de satélite Landsat e local exato das parcelas instaladas próximas aos tanques abandonados, córrego intermitente e Lagoa Bonita.



Imagem 8: Demarcação das parcelas.

Para cada indivíduo gravado, dentro de cada parcela, registrei o horário, temperatura e umidade do ar, altura do poleiro, distância da água e o grau de exposição do indivíduo. O comprimento rostro-cloacal (CRC) foi também mensurado por meio da utilização de paquímetro manual (0.01 mm). A umidade e a temperatura do ar foram medidas com termohigrômetro digital (Thermo-hygro PTH- 338). Os dados de altura dos poleiros de vocalização e distância da água foram obtidos através de fita métrica.

As vocalizações foram obtidas com gravador Marantz PMD 222 e microfone unidirecional Sennheiser ME 66 e gravador estéreo Zoom H1 Handy Recorder 200M, a aproximadamente 50 cm do macho. Todos os sons foram digitalizados com resolução de 44.1 KHz e 16 bitz em formato Mono WAV.

Análises Bioacústicas

A edição dos sons foi realizada com o programa Audacity, com taxa de amostragem de 44.100 Hz. Os valores espectrais e temporais dos sons foram obtidos pelo programa Raven Pro 1.5, 64- bit, versão Beta (Cornell University, Ithaca, NY, USA) (Bioacoustics Research Program 2012) em cada oscilograma e espectrograma gerados (Windows= Hamm, FFT size 256 e 50% overlap). As figuras do oscilograma, espectrograma e espectro de amplitude foram confeccionados através do pacote Seewave v. 1.6 (Sueur *et al.* 2008) na plataforma R (R Development Core Team) versão 2.15.1. As configurações utilizadas foram: Hanning window, 80 % overlap, e resolução de 256 pontos (FFT).

Variáveis Bioacústicas

Os parâmetros espectrais foram as frequências mínima (Hz), máxima (Hz), dominante (Hz) e fundamental (Hz). Para os parâmetros temporais, foram anotados dados das taxas de repetição do canto de anúncio dentro do intervalo de um minuto. As nomenclaturas dos parâmetros seguiram Duellman e Trueb 1994, Wells 2007; Preininger *et al.* 2016 e Kohler *et al* 2017, conforme segue abaixo:

1) Vocalização: qualquer tipo de som produzido por um organismo através de seu sistema respiratório, pela ação de suas cordas vocais;

2) Canto: Unidade acústica principal em uma vocalização. Pode ser constituído por várias notas do mesmo tipo (canto simples) ou por diferentes tipos de notas (canto composto);

3) Canto de anúncio: sinais sonoros emitidos com mais frequência pelos machos (em algumas espécies também por fêmeas) durante período reprodutivo;

4) Nota: subunidade do canto. Os cantos podem conter apenas uma nota. As notas podem ser divididas em pulsos.

6) Taxa de repetição do canto: número de cantos emitidos durante período definido; aqui o valor foi fornecido como canto por minuto.

7) Frequência dominante: é a frequência do canto ou nota onde a maior parte da energia sonora está definida dentro do espectro de potência total.

8) Frequência fundamental: é a frequência de base produzida pelas cordas vocais. Em muitos casos, é a frequência dominante do canto ou da nota. No entanto, existem casos em que as frequências mais altas podem ter mais energia quando comparadas com a frequência fundamental.

9) Frequência mínima e máxima: os limites mais altos e baixos do canto.

Análises Estatísticas

As espécies (definidas como grupos) foram classificadas através de análise discriminante, com base nos parâmetros espectrais (frequência mínima, máxima, fundamental e dominante). Os dados são quantitativos e de escalas diferentes, por isso foram normalizados e, em seguida, logaritmizados. Dentro do espaço multidimensional, foi gerada função canônica, que representa a combinação linear das variáveis originais, onde os grupos

foram maximizados dentro do espaço multidimensional (Manly 2008). A classificação forneceu medida de como as combinações lineares das variáveis distingue os grupos, como base nos dados tomados de cada indivíduo.

A sobreposição no uso dos recursos espectrais foi calculada a partir do índice de sobreposição de nicho de Czechanowski (Feinsinger *et al.* 1981), entre cada par de espécies, que varia entre 0 (nenhuma sobreposição) e 1 (sobreposição total):

$$O_{12} = O_{21} = 1 - 0.5 \sum_{i=1}^n |p_{i1} - p_{i2}|$$

Onde: O_{12} é a sobreposição da espécie 1 sobre a espécie 2 e p_{i1} , p_{i2} é a frequência de utilização dos *status* de recursos i pelas espécies um e dois respectivamente.

O modelo nulo foi utilizado para testar se a sobreposição observada no uso do espaço espectral entre as espécies difere da sobreposição esperada ao acaso. Os dados foram organizados em uma matriz com os indivíduos de cada espécie nas linhas e os dados dos recursos (frequência mínima e máxima) nas colunas. Para todas as espécies foi considerado o número de indivíduos que utilizam certo canal de frequência (frequências mínimas e máxima do som utilizado por um indivíduo). As espécies de hilídeos estudadas utilizam média de amplitude de frequência que varia entre 843.8 e 4979.83 KHz. Essa amplitude de frequência foi subdividida em 42 canais de frequência de 100 KHz para a análise (Schmidt *et al.* 2013). Os valores de significância foram determinados através da comparação da sobreposição observada com a distribuição dos valores nulos, considerando os níveis de $\alpha < 0,05$. Foi utilizado o módulo *Niche Overlap* do programa EcosimR (Gotelli e Ellison 2013) na plataforma R versão 2.15.1 (R Development Core Team 2011), com o algoritmo de aleatorização RA2 e RA3, aplicado a 10.000 aleatorizações. Os algoritmos de aleatorizações se diferem no rearranjo dos dados originais da comunidade e são recomendados por sua eficácia em estudos de sobreposição de nicho com diferentes estados de recursos (Schmidt *et al.* 2013). O RA2 substitui a variável escolhida na matriz original com um número uniforme entre zero e um, mas mantém a estrutura de zeros na matriz original (Winemiller e Pianka 1990). Se o aparato vocal dos anuros tem limitações morfológicas que determinam os parâmetros do som, então o RA2 pode ser o algoritmo apropriado para detectar diferentes ocupações das espécies no espaço sonoro. O algoritmo RA3 mantém a estrutura de largura

de nicho das espécies (distribuição da frequência) e cada zero da matriz é remanejado. Ao considerar que a presença de uma espécie limita o acesso de outra espécie a determinada porção do espaço sonoro, o RA3 pode ser o mensurador apropriado para detectar alguns padrões de aleatorização na estruturação da assembléia através do rearranjo das quatro espécies na análise do espaço de frequências mínima e máxima.

As variáveis espectrais (frequência mínima, frequência máxima, frequência dominante, frequência fundamental), medidas dentro do conjunto de amostras obtidos para as quatro espécies, foram verificadas através de análise de variância multivariada (MANOVA). Esta análise tem sido frequentemente utilizada em casos onde existem duas ou mais variáveis dependentes, pois permite a comparação dos centróides dos grupos, ou seja, das médias multivariadas (Gotelli 2011). As médias dos grupos (espécies) foram comparadas para diversas variáveis respostas (frequência mínima, máxima, fundamental e dominante), simultaneamente. As somas dos quadrados passam a ser matrizes, denominadas de soma dos quadrados e produtos cruzados (SQPC) (Gotelli 2011). Foi verificado como as espécies se diferem em suas características espectrais do canto de anúncio através dos escores obtidos para as frequências mínima, máxima, fundamental e dominante (variável dependente). As espécies são as quatro categorias independentes que foram medidas. A partir dessas matrizes, foi aplicado o teste de Wilks lambda (Todorov e Filzmoser 2009) para testar a diferença entre os grupos. Posteriormente, para investigar o quanto os grupos podem ser separados, foi realizado análise discriminante (Gotelli 2011). A combinação linear das variáveis originais separa os indivíduos dentro de um espaço multidimensional (Manly 2008), permitindo a classificação dos sinais como pertencentes a um indivíduo em particular. A porcentagem de sinais representa a atribuição correta dos sinais de cada indivíduo e estima a veracidade da combinação linear das variáveis em distinguir os indivíduos (Bee e Gehardt 2001a). Todos os dados de frequência foram log-transformados para a normalização dos valores (Gotelli 2011).

A relação das taxas de repetição do canto com as variáveis CRC (comprimento rostro- cloacal), temperatura, umidade, distância da água, altura do poleiro, tipo de poleiro e grau de exposição foi mensurada através de regressões de Poisson em modelos lineares generalizados mistos, utilizando a função lmer do pacote lme4 (Bates e Sarkar 2007) no programa R (R Development Core Team). A seleção de modelos nos permitiu obter inferências a partir de um conjunto de inúmeras hipóteses concorrentes (Johnson e Omland, 2004). Para verificar a influência das variáveis ambientais e morfológica sobre a taxa de

repetição do canto foi utilizada a distribuição de Poisson. Esse tipo de distribuição é bastante aplicado na descrição de dados de contagem de eventos distribuídos de forma aleatória no tempo e no espaço (Burnham e Anderson 2002, Crawley 2007) e foi o que melhor se adequou aos dados de contagem obtidos para as taxas de repetição do canto. Regressões de Poisson consideram o efeito randômico para variáveis respostas não independentes (Zuur *et al.* 2008). Neste caso, espécie foi incluída como efeito randômico.

A análise de Fator de Inflação da Variância (VIF) (Zuur *et al.* 2008) foi aplicada como critério de escolha das variáveis a serem usadas no modelo. Valores maiores que 10 sugerem forte colinearidade (Quinn e Keough 2002). Posteriormente, foi aplicado um teste de correlação linear de Pearson (Zuur *et al.* 2008) entre todas as variáveis para mensurar a associação entre duas variáveis. O coeficiente de correlação é escala-invariante, simétrico e varia de -1 a +1. Os extremos indicam forte associação positiva ou negativa, e coeficientes iguais a zero indicam ausência de relação (Becker *et al.* 1988). Em variáveis que apresentaram forte associação, o teste de Pearson verificou o nível de significância entre os pares. Para resultados significativos, foi necessário a exclusão de uma das variáveis.

Todas as possibilidades de modelos ($n = 32$) foram construídos através da máxima verossimilhança e ranqueados, usando diferenças de AIC de segunda ordem (ΔAIC_c , Burnham e Anderson 2002). Nesta abordagem, o melhor modelo para o conjunto de variáveis é aquele que apresenta o menor valor do Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AIC_c) (Burnham e Anderson 2002), calculado a partir do número de parâmetros e da log-verossimilhança do modelo (Burnham e Anderson 2002, Batista 2009). A evidência estatística para cada variável foi avaliada somando os pesos de AIC_c (w) dos modelos em que cada variável estava presente. Os valores estimados das variáveis associaram variâncias relativas e incertezas a cada modelo (Burnham e Anderson 2002). Para obter uma melhor precisão e redução do viés, foram utilizadas as estimativas do modelo-médio (Anderson *et al.* 2000).

RESULTADOS

Foram obtidas gravações de 46 exemplares de *Boana albopunctata*, 40 *Dendropsophus rubicundulus*, 31 *Scinax fuscomarginatus* e 27 *Scinax fuscovarius*, somando 144 indivíduos gravados. Entre março de 2016 e fevereiro de 2017 foi verificado padrão diferenciado na atividade dos indivíduos ao comparar as quatro espécies dentro dos transectos de amostragem. *Dendropsophus rubicundulus* e *Scinax fuscovarius* tiveram sua

maior abundância em novembro, onde temperatura média mínima total foi 21 °C e 4.2 mm de precipitação, respectivamente. Entre maio a setembro não houve o registro de indivíduos vocalizando de nenhuma das espécies. A temperatura mínima média nesse intervalo oscilou entre 21,1 °C e 22,4 °C, mas a precipitação variou entre 0,3 mm e 1,7 mm. *Boana albopunctata* foi a que apresentou maior período de vocalização e, assim como as outras espécies, não foi registrada em atividade no período de menor precipitação (Figura 2).

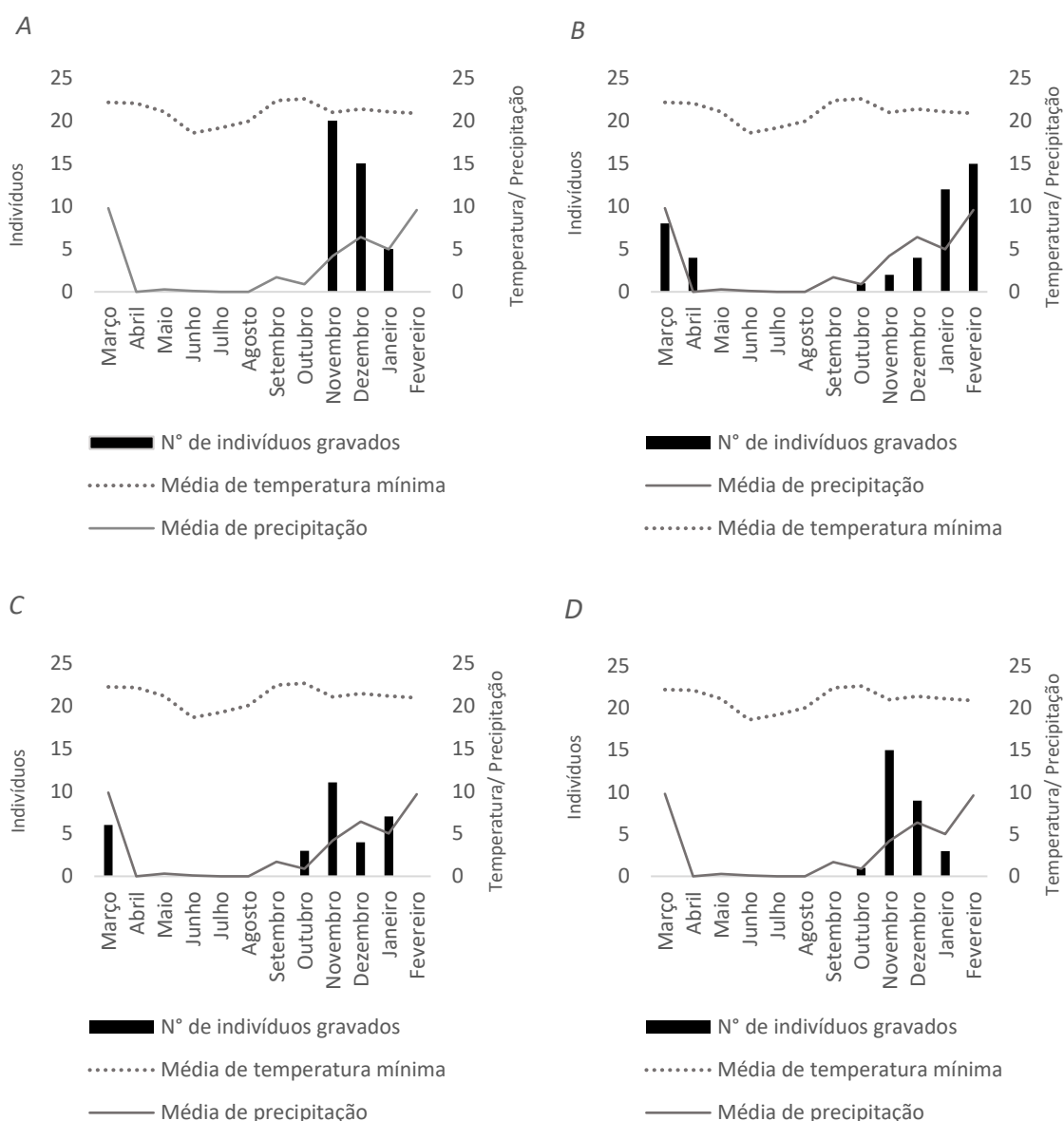


Figura 2: Distribuição mensal da abundância de A (*Dendropsophus rubicundulus*); B (*Boana albopunctata*); C (*Scinax fuscomarginatus*); D (*Scinax fuscovarius*) gravados durante a fase de estudo e dados de temperatura e precipitação.

As espécies *Scinax fuscomarginatus* e *Scinax fuscovarius* e *Dendropsophus rubicundulus* apresentaram cantos simples, constituídos por apenas uma nota. Cantos com estruturas compostas, com duas ou mais notas, foram observadas em *Boana albopunctata*. (Figura 3). As faixas de frequência ocupadas pelas espécies variam entre 843.8 KHz a 4979.083 KHz.

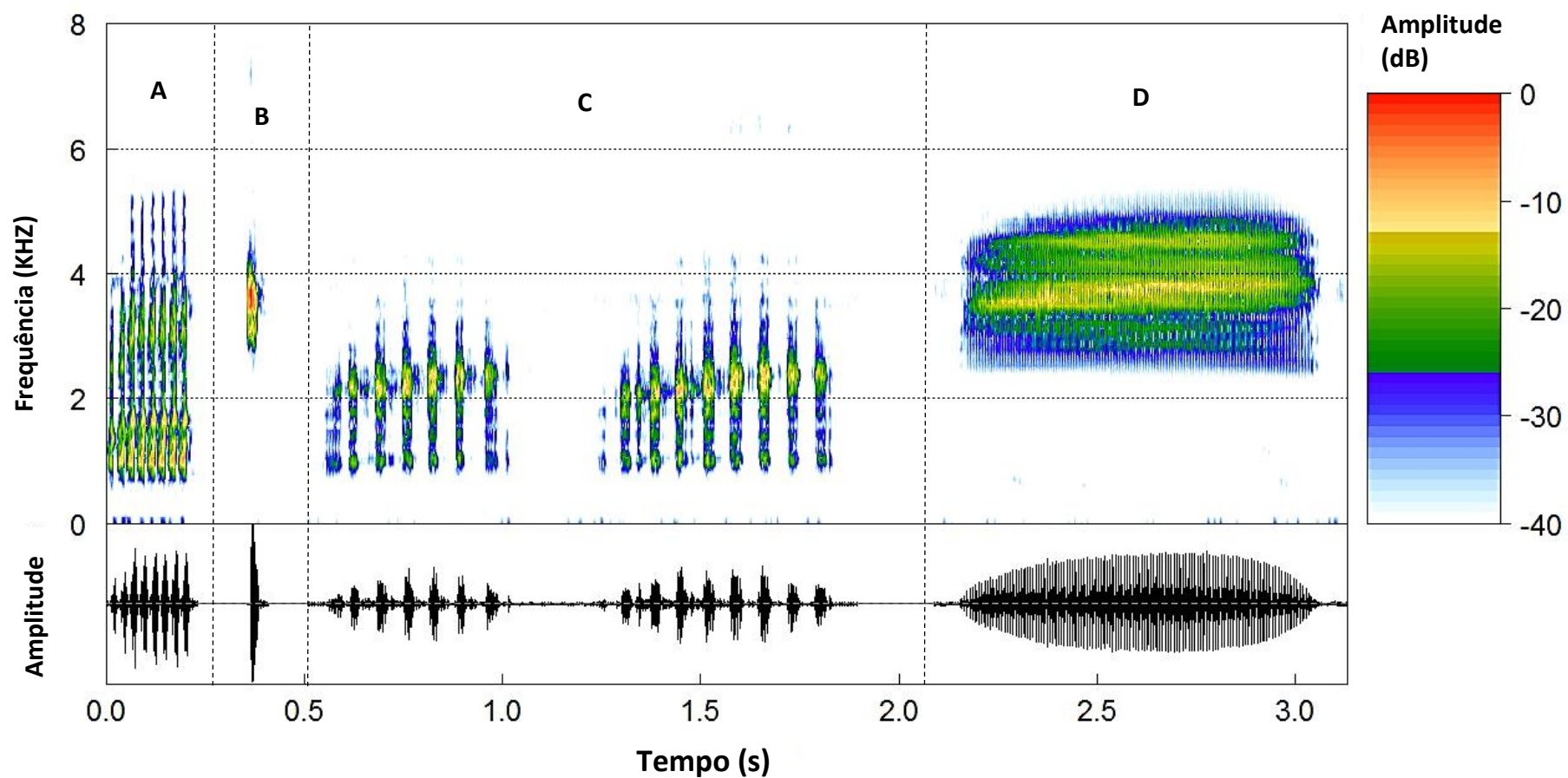


Figura 3: Oscilograma (abaixo) e espectograma (acima) do canto de anúncio das quatro espécies de hílídeos avaliadas. A (*Scinax fuscovarius*), B (*Dendropsophus rubicundulus*), C (*Boana albopunctata*), D (*Scinax fuscomarginatus*).

As covariáveis espectrais do canto (frequência mínima, máxima, fundamental e dominante) foram diferentes entre as espécies (Λ de Wilk = 0.015, $P = 2.2 \times 10^{-16}$). A função da análise discriminante aplicada para os quatros parâmetros espectrais analisados (frequência mínima, máxima, fundamental e dominante) incluiu a média dos valores de cada um dos indivíduos gravados. Os coeficientes que apresentaram os maiores valores para a discriminação entre os grupos foram aqueles da frequência mínima (Eixo 1), a qual explica 80% da variância e a frequência máxima (Eixo 2), que explica 18% da variância (Tabela 1), somando 98% de poder de discriminação dos grupos nos dois primeiros eixos.

Tabela 1: Valores dos componentes da análise discriminante utilizados para separar as espécies baseados nas características espectrais do canto de anúncio (frequência mínima, frequência máxima, frequência fundamental e frequência dominante).

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Frequência 5%	7.90	0.95	5.05
Frequência 95%	-1,06	5,06	-1,59
Frequência fundamental	0,22	-2,80	-1,55
Frequência dominante	-0,86	-1,89	-2,51
Proporção explicada	80%	18%	1%

Considerando as quatro espécies, a combinação dos eixos canônicos da análise discriminante permitiu a identificação de todos os grupos em particular, com a separação de quatro grupos, não havendo sobreposição dos parâmetros acústicos entre os machos das diferentes espécies (Figura 4).

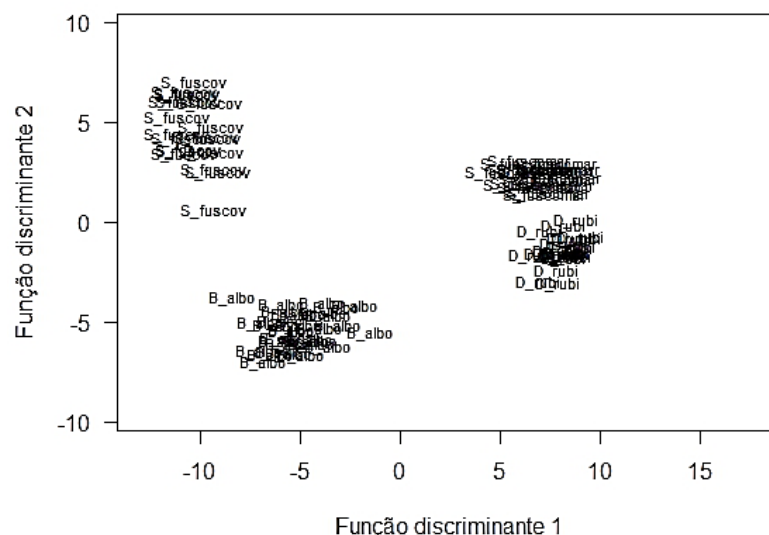


Figura 4: Distribuição no espaço canônico das quatro espécies de Hylidae estudados na Estação Ecológica de Águas Emendadas - DF, com base em variáveis espectrais do canto. S_fuscov = *Scinax fuscovarius*, B_albo = *Boana albopunctata*, S_fuscomar = *Scinax fuscomarginatus* e D_rubi = *Dendropsophus rubicundulus*.

Os dados de simulação para o modelo nulo foram obtidos para as quatro espécies, utilizando o espaço de frequência ocupado pelas espécies a partir do conjunto de dados originais (750 KHz- 5081,8 KHz). O índice de sobreposição observada da comunidade foi menor do que o esperado pelo acaso ($P= 0,032$; média de índice simulado= 0,32; índice observado= 0,28) ao utilizarmos o algoritmo RA2 (Figura 5). Obtive o mesmo resultado para o algoritmo RA3, onde a probabilidade de utilização aleatória dos parâmetros foi maior que o valor do índice observado ($P= 0,001$, média do índice simulado= 0,34; índice observado= 0,28) (Figura 6). Em ambas as situações, o modelo nulo sugere que o uso do espaço acústico por essas espécies é estruturado por competição.

Os maiores valores obtidos para as frequências mínima e máxima em *Boana albopunctata* foram 1808,8 Hz e 3703,7 Hz, respectivamente. Para *Scinax fuscomarginatus* obtive valores de 3656,2 Hz e 5081,8 Hz, de 990,5 e 4171,9 para *Scinax fuscovarius* e de 3609,4 e 4306,6 para *Dendropsophus rubicundulus*.

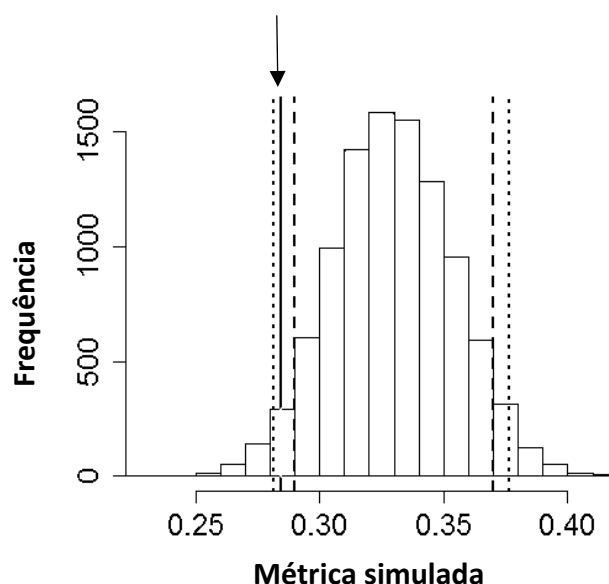


Figura 5: Frequência da distribuição dos valores observados (0,28, indicado por uma seta) e esperados da sobreposição de nicho entre as quatro espécies de hilídeos avaliadas (*Dendropsophus rubicundulus*, *Scinax fuscovarius*, *Scinax fuscomarginatus*, *Boana albopunctata*), na Estação Ecológica de Águas Emendadas-DF, considerando a utilização do algoritmo RA2. A sobreposição observada foi menor que a esperada ao acaso ($P=0,032$).

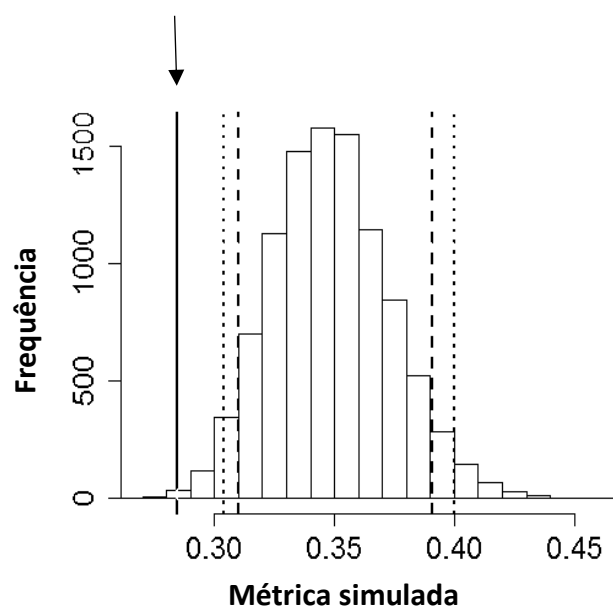


Figura 6: Frequência da distribuição dos valores observado (0,28, indicado por uma seta) e esperados da sobreposição de nicho entre as quatro espécies de hilídeos avaliadas (*Dendropsophus rubicundulus*, *Scinax fuscovarius*, *Scinax fuscomarginatus*, *Boana albopunctata*), na Estação Ecológica de Águas Emendadas-DF considerando a utilização do algoritmo RA3. A sobreposição observada foi menor que a esperada ao acaso ($P=0,001$).

O teste de correlação de Pearson aplicado às variáveis explicativas do modelo linear generalizado misto (GLMM) resultou em valores expressivos para dois pares de variáveis: temperatura e umidade ($-0,74$, $P < 2,2 \times 10^{-16}$) e altura e tipo de poleiro ($0,66$, $P < 2,2 \times 10^{-16}$) (Figura 7). Posteriormente, com base na alta correlação entre essas duas variáveis, selecionei

as variáveis temperatura e altura do poleiro para permanecerem no modelo. Em seguida, foram retirados do modelo as variáveis umidade do ar e tipo de poleiro. O teste de colinearidade resultou em todos os valores <10 e, com isso, todas as outras variáveis puderam ser utilizadas.

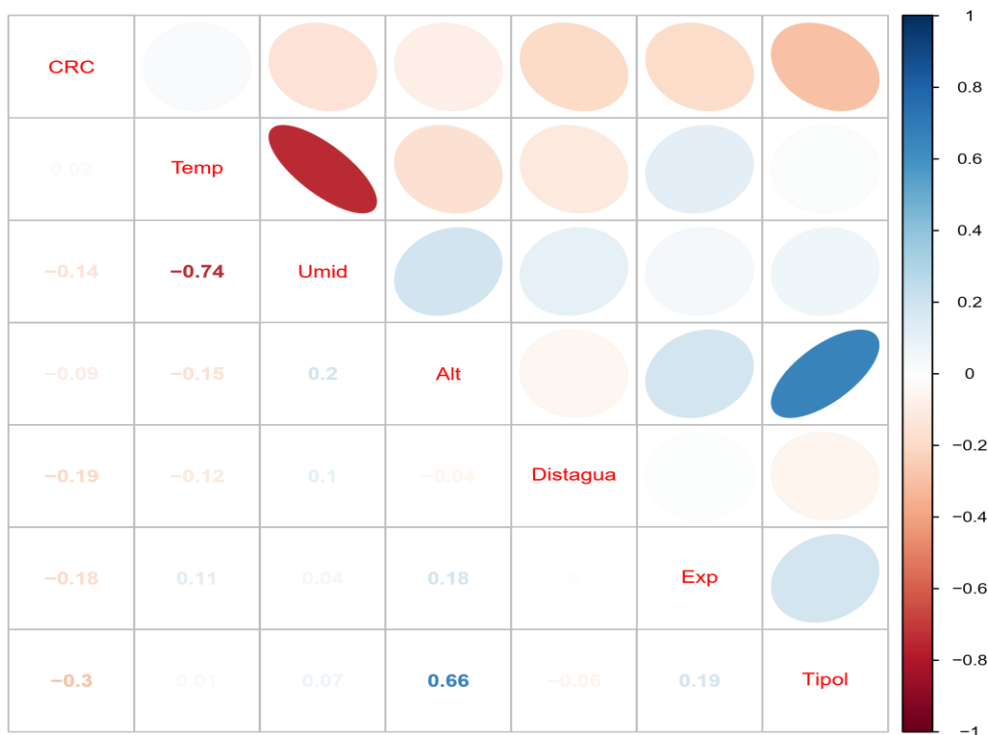


Figura 7: Seleção das variáveis a serem utilizadas no Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM) através de correlação. CRC (comprimento rostro- cloacal, Temp (temperatura média), Umid (umidade do ar), Alt (altura do poleiro), Distagua (distância da água), Exp (exposição), Tipol (tipo de poleiro).

Dos 32 modelos possíveis, quatro foram suportados e incluíram todas as variáveis. Esses quatro modelos apresentaram $\Delta AIC < 2$, com pesos cumulativos do AIC superior a 0.90 e são igualmente possíveis para explicar o ajuste dos dados (Tabela 2). Devido a isso, busquei o modelo-médio. Das cinco variáveis inclusas nos modelos, três apresentaram valores de P significativo (CRC, $P < 2 \times 10^{-16}$; Dst, $P = 7,17 \times 10^{-5}$; Tmp, $P = 0,0007$) (Tabela 3).

Tabela 2: Modelos possíveis para testar a influência de variáveis ambientais e biológicas sobre a taxa de repetição do canto de anúncio dos híldeos estudados (*Dendropsophus rubicundulus*, *Scinax fuscovarius*, *Scinax fuscomarginatus*, *Boana albopunctata*), na Estação Ecológica de Águas Emendadas-DF. São apresentados o número de parâmetros estimáveis (K), os valores do critério de informação de Akaike de segunda ordem (AICc), as diferenças de AICc ($\Delta AICc$), os pesos AICc (W_i) e a estimativa da log máxima verossimilhança negativa (modelo likelihood-LL). As espécies foram incluídas como fator randômico em todos os modelos. CRC (comprimento rostro- cloacal), Dst (distância da água), Tmp (temperatura média), Alt (altura do poleiro), Exp (exposição).

Modelo	K	AICc	$\Delta AICc$	W_i	LL
CRC+Dst+Tmp	5	1696,0	0,00	0,347	-842,810
Alt+CRC+Dst+Tmp	6	1696,4	0,35	0,292	-841,895
CRC+Dst+Exp+Tmp	6	1697,0	1,00	0,211	-842,220
Alt+CRC+Dst+ Exp+Tmp	7	1697,9	1,82	0,139	-841,530
CRC+Dst+Exp	5	1704,9	8,86	0,004	-847,239
CRC+Dst	4	1706,0	9,91	0,002	-848,839

Tabela 3: Média do modelo estimado (Estimador), erro padrão (SE), importância relativa (IR), e nível de significância (P) dos efeitos fixados através do modelo linear generalizado (GLMM) testando a variação nas taxas de repetição do canto de anuncio das espécies estudadas (*Dendropsophus rubicundulus*, *Scinax fuscovarius*, *Scinax fuscomarginatus*, *Boana albopunctata*), na Estação Ecológica de Águas Emendadas-DF. Foi utilizado log (taxa de repetição) como uma covariável e espécies como fator randômico em todos os modelos. Alt (altura do poleiro), CRC (comprimento rostro- cloacal), Dst (distância da água), Exp (exposição), Tmp (temperatura média).

Variáveis	Estimador	SE	IR	P
(Intercepto)	3,72	0,3470		$< 2e^{-16}$
Alt	-0,002	0,0004	0,43	0,200
CRC	-0,0054	0,0007	1,00	$< 2e^{-16}$
Dst	-0,0017	0,0004	1,00	$7,17 e^{-05}$
Exp	-0,0018	0,0003	0,36	0,325
Tmp	-0,0014	0,0004	0,99	0,0007

As variáveis CRC, distância da água e temperatura média possuem maior importância para explicar a taxa de repetição dos cantos, quando comparadas de maneira hierárquica, às variáveis altura do poleiro e grau de exposição (Figura 8).

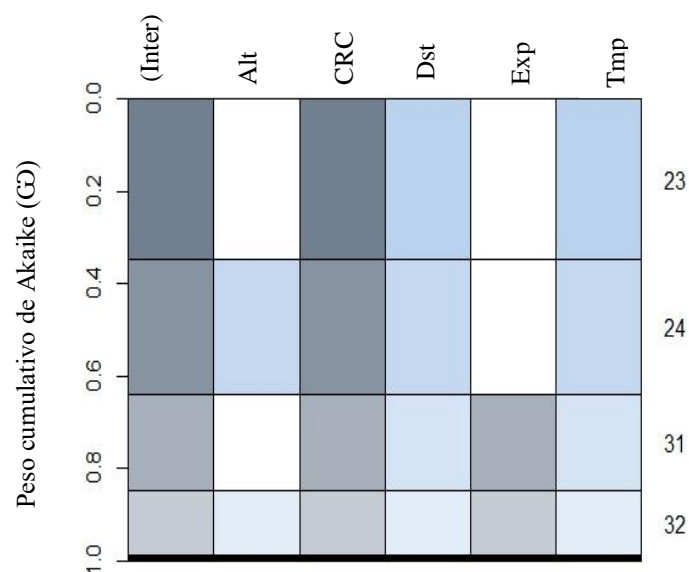


Figura 8: Peso cumulativo de Akaike e o grau de importância das variáveis utilizadas em cada modelo selecionado. Alt (altura do poleiro), CRC (comprimento rostro- cloacal, Dst (distância da água), Exp (exposição), Tmp (temperatura média).

DISCUSSÃO

Durante o período de gravações, foi observado variação nas atividades dos anuros ao compararmos as espécies estudadas. Existe correlação positiva entre a riqueza de anuros e entre o número de machos em atividade de vocalização com a temperatura e a precipitação (Kopp *et al.* 2010). A região do Brasil Central apresenta clima sazonal, o que torna evidente o fato das atividades reprodutivas estarem concentradas durante período chuvoso (Arzabe 1999). Entretanto, além de variáveis climáticas, deve ser levado em consideração aspectos relacionados à ecologia das espécies. Todas as quatro espécies são generalistas e apresentam boa adaptação a ambientes perturbados (Vasconcelos e Rosa-Ferres 2005, Santos *et al.* 2008), o que tornou possível o registro dos cantos de anúncio das espécies no período especificado para a coleta de dados.

A influência de fatores ambientais nas atividades de machos pôde ser verificada ao longo do ano. As condições ambientais desempenham papel fundamental na regulação e na estruturação das comunidades de anfíbios anuros nas regiões tropicais (Toft 1985, Van Sluys *et al.* 2007). Na estação seca, entre abril e setembro, houve mudança progressiva na paisagem

local. Os ambientes aquáticos disponíveis na área de estudo secaram completamente, afetando os padrões temporais das atividades reprodutivas das espécies na assembléia investigada. Todas as quatro espécies apresentaram atividade de vocalização somente durante o período chuvoso.

A baixas taxas de vocalização observadas nos períodos mais secos do ano podem estar associados à forte dependência dos anuros a corpos d' água durante estação reprodutiva, conforme descrito por Bernarde e Machado (2000). Somado a isso, em regiões Neotropicais, os anuros exibem grande variedade de modos reprodutivos (Duellman e Trueb 1994, Morais *et al.* 2011, Gomez-Mestre *et al.* 2012, Toledo *et al.* 2012, Santoro e Brandão 2014), que influenciam na preferência das espécies por microhabitats diferenciados (Toledo *et al.* 2012). Além disso, a diferenciação dos períodos reprodutivos anuais, períodos diários de atividade de vocalização (Vieira *et al.* 2007, Forti 2009, de Sá *et al.* 2014) e parâmetros acústicos do canto de anúncio, favorecem a partilha temporal de recursos, ocasionando o isolamento reprodutivo entre as espécies (Wells 1977, Luddecke *et al.* 2000, Protázio *et al.* 2014). Todos esses fatores evidenciam a dependência dos anuros em ocupar microhabitats disponíveis para as atividades de vocalização. A diminuição da precipitação no local do estudo, tornou o ambiente sem a presença de corpos d' água e com isso, não foi possível obter o registro das espécies vocalizando em microhabitats específicos.

Verificou-se que a separação das vocalizações está associada as frequências dominante, fundamental, mínima e máxima, sendo que as duas últimas explicaram praticamente toda a variação entre os grupos (espécies). Isso pode ser explicado pela importância que a correta identificação do parceiro co-específico possui (Marshall *et al.* 2006), principalmente em ambientes onde os ruídos gerados por outras espécies interferem na discriminação e detecção dos cantos (Wollerman e Wiley 2002). Características espectrais do canto são potencialmente melhores para o reconhecimento individual que as características temporais (Silva 2010, Gerhardt 1991), promovendo maior efetividade na vocalização. Indivíduos co-específicos podem detectar e localizar com precisão características do canto que são intrínsecas à sua espécie (Boquimpani-Freitas *et al.* 2007; Freitas *et al.* 2007). Isso favorece fêmeas no reconhecimento de machos de sua espécie dos demais machos em um coro (Wollerman e Wiley 2002, Chek *et al.* 2003), tanto co-específicos como não co-específicos. A chance de erro pelas fêmeas na busca por parceiros exemplifica uma característica ampla em processos de comunicação (Wiley 1994). De maneira geral, os cantos em híldeos consistem de uma sequência de série de pulsos

altamente estereotipados que, na maioria dos casos, atuam no reconhecimento das espécies em um coro (Gerhardt 1991). Provavelmente, mesmo que as espécies estejam sofrendo interferências de outras espécies durante o coro, a diferenciação dos parâmetros espectrais do canto pode facilitar no reconhecimento das fêmeas por machos co-específicos no local do estudo.

Os hilídeos apresentaram interferência de espécies sintrópicas e sincrônicas (*sensu* Morton 1975). A sazonalidade das atividades de vocalização e os horários em que os machos vocalizaram foram concomitantes. Como consequência disso, a interferência na qualidade de emissão dos sinais pode acarretar em menor distinção por parte do receptor (Wiley 1994). Esses fatores podem ter seus efeitos atenuados através de diferenciação significativa nos valores médios das propriedades acústicas de diferentes espécies (Fouquette 1960, Duellman 1967, Hödl 1977, Drewry e Rand 1983, Duellman e Pyles 1983, Schwartz e Wells 1984). No entanto, pode haver erros de reconhecimento co-específico quando as distribuições das propriedades do canto de diferentes espécies se sobrepõem.

Ao testar a não-aleatoriedade do padrão de uso do espaço acústico da assembléia observada, foi verificado que a sobreposição de nicho foi menor que o esperado ao acaso. Os valores obtidos indicaram estruturação da assembléia ao longo do eixo acústico. As diferenças observadas no uso do espaço sonoro pelas espécies podem estar relacionadas a pressões geradas por competição, levando a diferentes necessidades e adaptações (Gascon 1991). A diferenciação na utilização dos recursos diminui a sobreposição e permite a coexistência das espécies (Gilbert *et al.* 2008). Uma vez que os recursos são limitantes para as espécies, a sobreposição em uma determinada dimensão tende a leva à diferenciação em outras, como pode ser esperado quando há complementariedade de nicho (Santos e Rossa-Feres 2007, Silva *et al.* 2008).

As poucas diferenças nos valores de frequências máxima e mínima dos cantos foi um resultado esperado, uma vez que, os anuros, em sua maioria, apresentam cantos com faixas menores que 5000 Hz (Loftus-Hills 1973, Bee e Swanson 2007, Silva 2008, Conte *et al.* 2010). Somado a esse fator, a morfologia do aparelho de emissão sonora (Wells 2007, Böckle *et al.* 2009) e o fato dos anuros apresentarem relativa simplicidade na morfologia do saco vocal (Gans 1973, Starnberger *et al.* 2014a) parece ter efeito também sobre a frequência do canto dos anuros. Neste sentido, fatores relacionados a estrutura do aparelho fonador devem

ser levados em consideração, uma vez que estão relacionadas a produção de energia do som produzido.

As espécies estiveram em atividade de vocalização praticamente nos mesmos períodos ao longo dos onze meses de amostragem. Além disso, foi observado que as vocalizações ocorriam simultaneamente, durante período noturno, alterando a qualidade na transmissão dos sinais. Isso porque, os sinais heteroespecíficos são uma fonte de ruídos que interfere na detecção do sinal (Otte 1974; Ryan e Brenowitz 1985; Narins e Zelick 1988, Conte *et al.* 2010). O resultado evolutivo da interferência do mascaramento do som tem sido considerado uma das forças seletivas responsáveis pela diferenciação entre as espécies em uma comunidade reprodutiva (Gerhardt e Schwartz 1995), apesar da importância do canto como mecanismo de isolamento reprodutivo (Fouquette 1960, Duellman 1967). A observação de quanto uma espécie interfere nos parâmetros espectrais de outra foi testada sob contexto de comunicação territorialista em *Allobates femoralis* na presença da espécie *Epipedobates trinitatus*. Ao adicionar um anuro no mesmo ambiente de vocalização, com faixas de frequências sobrepostas, foi percebido o estreitamento e assimetria nas curvas de resposta das frequências (Amézquita *et al.* 2006).

A seleção de modelos através da aplicação do modelo linear generalizado misto permitiu verificar como variáveis ambientais e morfológicas explicam as taxas de repetição do canto de anúncio emitidas pelos machos. O melhor modelo incluiu, em ordem crescente de importância, as variáveis CRC (comprimento rostro-cloacal), distância da água e temperatura. As taxas de repetição têm diferentes variações e estudos têm demonstrado relação positiva entre a taxa de repetição do canto e a temperatura (Bastos *et al.* 2003, Saenz *et al.* 2006, Baraquet *et al.* 2013). Por serem animais ectotérmicos, a temperatura do ambiente interfere na assimilação energética (Bennet 1990) e, com isso, na produção dos sinais (Gillooly e Ophir 2010). Se a temperatura do ambiente aumenta, o aumento da temperatura corporal proporciona a elevação da taxa metabólica do indivíduo (Wells *et al.* 1996), afetando o comportamento desses animais. Essa característica favorece o incremento nas taxas de repetição do canto de anúncio em anuros (Wells *et al.* 1996). Em *Boana albopunctatus* por exemplo, o aumento da temperatura apresenta relação com o incremento nas taxas de repetição do canto em machos sob condições favoráveis e, com isso, os machos dessa espécie se tornam mais atrativos para as fêmeas (Furtado *et al.* 2016).

A variável comprimento rostro-cloacal, selecionada no modelo linear generalizado, está relacionada a aspectos temporais do canto. A associação entre essa variável e as taxas de repetição do canto podem ter relação com a estrutura morfológica da laringe, do trato vocal e os movimentos das cartilagens, que modulam a saída de ar dos pulmões. O tamanho das cordas vocais, a tensão e a massa influenciam na frequência de vibração do som e no resultado da vocalização. As contrações musculares, os movimentos dos músculos laríngeos, abdominais e das válvulas aritenóides são responsáveis por fornecer os parâmetros temporais das chamadas, resultando na quebra das vibrações em pulsos (Martin 1971, 1972, Schmidt 1972a, b, Gans 1973). A contração dos músculos do tronco para produzir os cantos demanda alto custo energético em espécies com altas taxas de chamadas (Wells 2001). O fato dos anuros vocalizarem com a boca fechada também favorece o incremento nas taxas de repetição pois permite uma reinflação pulmonar mais rápida (Pauly *et al.* 2006). O movimento do saco vocal faz o mesmo ar reincircular após cada canto e evita a dessecação (Gridi-Papp 2008). Experimentos têm demonstrado que cantos com alta taxa de repetição são os mais escolhidos pelas fêmeas em processos de seleção sexual (Sullivan *et al.* 1995, Gerhardt e Huber 2002).

Os hilídeos amostrados nesse estudo formaram agregações próximas à água e os diferentes estratos de vegetação foram explorados pelas espécies como microhabitats de vocalização durante período reprodutivo. É muito provável que a ocupação de locais de vocalização próximos à água ocorreu para evitar a desidratação (McNab 2002), facilitar o acesso ao ambiente reprodutivo e garantir o sucesso no desenvolvimento da prole (Schneider e Sinsch 2007). A proximidade com a água pode atuar também no sucesso do acasalamento por machos ao escolher locais onde as fêmeas possam ovopositar (Sullivan 1982). Nesses ambientes, a distância da água parece ter influência sobre as taxas de canto das espécies por consequência dos padrões comportamentais que ocorrem nos agregados de vocalização. Por exemplo, para minimizar os efeitos da competição com o aumento na densidade do coro e a proximidade do vizinho mais próximo (Bastos e Haddad 1995), algumas espécies podem aumentar suas taxas de repetição ou então, diminuir suas taxas de repetição para aumentar a duração do canto de anúncio e a intensidade do sinal (Bee e Perril 1996, Bosch e Márquez 1996, Wollerman 1999). As taxas de repetição do canto são muito dispendiosas em termos de energia, mas os machos podem responder a outros machos vizinhos no coro e, com isso, manter ou aumentar seus níveis de atração (Schwartz 2001).

O uso do espaço acústico por espécies de uma mesma família, pode ocorrer por ajustes no uso dos recursos disponíveis. Os parâmetros espectrais dos cantos favorecem o reconhecimento co-específico. Isso é importante, pois os registros das vocalizações só foram possíveis durante os períodos de precipitação em que, o ambiente passou a apresentar as condições necessárias para as espécies desempenharem de maneira eficiente suas atividades reprodutivas. Nesse contexto, as atividades de vocalização dependem de sítios específicos, que influenciam na qualidade dos sinais emitidos (Römer 1998). Isso porque, os cantos das espécies sofrem interferências dos ruídos gerados por outras espécies em um mesmo espaço acústico, conforme demonstrado por diversos estudos (Otte 1974; Ryan e Brenowitz 1985; Narins e Zelick 1988, Conte *et al.* 2010). A posição dos machos nos diferentes microhábitats de vocalização também influenciaram nas taxas de repetição do canto. Somado a isso, as características das espécies e as condições ambientais, foram responsáveis por explicar as variações nas taxas de repetição do canto e que, consequentemente podem influenciar no comportamento dos machos na busca por fêmeas em processos de seleção sexual.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades de vocalização durante o período de amostragem foram constatadas durante período de incremento nos níveis de precipitação. Com isso, as gravações de machos vocalizando só puderam ser realizadas durante fases específicas do ano, onde ainda havia a disponibilidade de corpos d'água na área. Este estudo permitiu observar como fatores relacionado a temperatura e precipitação interferem na vocalização dos machos na região do Brasil Central. Uma vez que a vocalização está associada ao contexto comportamental durante processo reprodutivo, o ambiente pode se tornar determinante para algumas espécies na busca por parceiros através da comunicação vocal.

É provável que, através dos parâmetros espectrais do canto de anúncio, as fêmeas consigam reconhecer machos co-específicos, mesmo sob a interferência do canto de machos de outras espécies, mas pertencentes à mesma família. Vale ressaltar que a chance de mascaramento do som em um espaço acústico pode ser provocada pela interferência intra e inter- específica. No presente estudo foi observado, em um coro de anuros, a diferenciação dos parâmetros espectrais em hílideos como importantes mecanismos de interações entre os indivíduos. O reconhecimento de fêmeas por machos co-específicos evita o efeito da hibridização. Com isso, parâmetros espectrais do canto podem definir o sucesso reprodutivo de machos de espécies durante a formação de agregados em ambientes reprodutivos.

Os padrões obtidos no modelo nulo permitem inferir que, se a competição exerce influência sobre a espécies analisadas, a segregação poderia atuar na melhor utilização do espaço acústico, permitindo a co-ocorrência dos hílideos investigados. No entanto, fatores históricos e a partição dos recursos, que não foram avaliados, podem também influenciar nos padrões de estruturação das faixas de frequência utilizadas pela assembléia local e viabilizar a co- existência das espécies.

As taxas de repetição dos cantos foram influenciadas por variáveis morfológicas, tal como o comprimento rostro-cloacal (CRC), e do ambiente amostrado. A seleção hierárquica da variável CRC em todos os modelos foi inesperado, uma vez que muitos estudos têm indicado apenas relação entre o CRC e parâmetros espectrais do canto de anúncio. No entanto, esse resultado pode ter sido detectado porque essa variável é característica intrínseca das espécies, que possui impacto sobre diversos aspectos da sua história natural.

Deste modo, estudos do espaço sonoro, como o aqui realizado, poderão auxiliar em investigações de pesquisas sobre o uso do espaço acústico entre espécies com relativo grau

de proximidade filogenética. Análises que envolvam parâmetros espectrais e temporais do canto de anúncio em assembléia de anuros de áreas abertas têm sido extensivamente investigados com foco nas relações ecológicas em comunidades. Este estudo permitiu compreender como a utilização do recurso sonoro permite a coexistência das espécies no mesmo espaço de comunicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arzabe, C. 1999. Reproductive activity patterns of anurans in two different altitudinal sites within the Brazilian Caatinga. *Revista Brasileira de Zoologia*, 16 (3):851-864.

Afonso, L.G. & Eterovick, P.C. 2007. Spatial and temporal distribution of breeding anurans in streams in southeastern Brazil. *Journal of Natural History*, 41(13–16), pp.949–963.

Abrunhosa, P. A.; Woguel, H.; Pombal Jr.; J. P. 2001. Vocalizações de quatro espécies de anuros do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (Amphibia, Hylidae, Leptodactylidae). *Boletim do Museu Nacional*, 472: 1–12.

Amézquita, A. *et al.*, 2006. Masking interference and the evolution of the acoustic communication system in the Amazonian dendrobatid Frog *Allobates femoralis*. *Evolution*, 60(9): 1874–1887.

Amézquita, A.; Hodl, W.; Lima, A. P.; Castellanos, L.; Erdtmann, L.; Carmozina, A. M. 2006. Masking interference and the evolution of the acoustic communication system in the Amazonian dendrobatid frog *Allobates femoralis*. *Evolution*, 60: 1874-1887.

AmphibiaWeb. 2014. AmphibiaWeb: Information on Amphibian Biology and Conservation. University of California, Berkeley, California. Available from: <http://amphibiaweb.org/> (acesso: 05 de abril de 2017).

Anderson DR, Burnham KP, Thompson WL. 2000. Null hypothesis testing: problems, prevalence, and an alternative. *Journal of Wildlife Management*, 64: 912–923.

Aquino, L.; Bastos, R.; Reichle, S.; Silvano, D.; Baldo, D.; Langone, J. 2004. *Scinax fuscovarius*. In: IUCN 2008, 2004. IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>. (Acesso: 16 janeiro de 2017).

Baraquet, M.; Salas, N. E.; Martino, A. L. 2013. Advertisement calls and interspecific variation in *Hypsiboas cordobae* and *Hypsiboas pulchellus* (Anura, Hylidae) from Central Argentina. *Acta Zoologica Bulgarica*, 65: 479–486.

Bastos, R.P.; Bueno, M. A. F.; Dutra, S. L.; Lima, L. P. 2003. Padrões de vocalização de anúncio em cinco espécies de Hylidae (Amphibia: Anura) do Brasil Central. *Comunicações do Museu de Ciência e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia*, 16: 39–51.

Bastos, R. P. & Haddad, C. F. B. 1995. Vocalizations and acoustic interactions in *Hyla elegans* (Anura, Hylidae) during the reproductive activity. *Naturalia*, Rio Claro, 20: 165–176.

Bastos, R. P.; Motta, J. A. O.; Lima, L. P.; Guimarães, L. D. 2003. Anfíbios da Floresta Nacional de Silvânia, Estado de Goiás. Stylo gráfica e editora, Goiás, 82 p.

Bastos, R. P.; Bueno, M. A. F.; Dutra, S. L.; Lima L. P. 2003. Padrões de vocalização de anúncio em cinco espécies de Hylidae (Amphibia: Anura) do Brasil Central. *Comunicações do Museu de Ciência e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia*, Porto Alegre, 16: 39–51.

Bates, D. & Sarkar, D. 2007. lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes. – R

Batista, J. L. F. 2009. Verossimilhança e Máxima Verossimilhança. Centro de Métodos Quantitativos, Departamento de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Campus Piracicaba.

Bee, M. A. & Perril, S. A. 1996. Responses to conspecific advertisement calls in the green frog (*Rana clamitans*) and their role in male-male competition. *Behaviour*, 133: 283–301.

Bee, M.A. & Gerhardt, H. C. 2001a. Neighbour-stranger discrimination by territorial bullfrogs (*Rana catesbeiana*): In. *Acoustic Basis. Animal Behaviour*, 62: 1129 –1140.

Bee, M.A. & Swanson, E.M. 2007. Auditory masking of anuran advertisement calls by road traffic noise. *Animal Behaviour*, 74 (6), pp.1765–1776.

Bennet, A. F. 1990. Thermal- dependence of locomotor capacity. *American Journal of Physiology*, 259: R253– R258.

Bernarde, P. S. & R. A. Machado. 2000. Riqueza de espécies, ambientes de reprodução e temporada de vocalização da anurofauna em Três Barras do Paraná, Brasil (Amphibia: Anura). *Cuadernos de Herpetología*, 14: 93–104.

Bertoluci, J., & M. T. Rodrigues. 2002. Seasonal patterns of breeding activity of Atlantic rainforest anurans at Boracéia, southeastern Brazil. *Amphibia- Reptilia*, 23: 161–167.

Becker, R. A., Chambers, J. M.; Wilks, A. R. 1988. The New S Language. Wadsworth & Brooks/Cole.

Bioacoustics Research Program Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software. 2012. Version 1.5. The Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. Available from: <http://www.birds.cornell.edu/raven> (acesso em: 05 de Agosto de 2016).

Böckle, M.; Preininger, D.; Hödl, W. 2009. Communication in noisy environments In: acoustic signals of *Staurois latopalmatus* Boulenger. 1887. Herpetologica, 65: 154–165.

Boquimpani-Freitas L.; Marra, R. V.; Sluys, M. V.; Rocha, C. F. D. 2007. Temporal niche of acoustic activity in anurans: interspecific and seasonal variation in a neotropical assemblage from south-eastern Brazil. Amphibia-Reptilia, 28 (2), pp. 269–276.

Bosch, J. & Márquez, R. 1996. Acoustic competition in male midwife toads *Alytes obstetricans* and *Alytes cisternasii*: response to neighbor size and calling rate. Implications for female choice. Ethology, 102: 841–855.

Boul, K. E.; Funk, W. C.; Darst, C. R. Cannatella, D. C.; Ryan, M. J. 2007. Sexual selection drives speciation in an Amazonian frog. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 274: 399–406.

Bradbury, J. W. & Vehrencamp, S. L. 2011. Principles of Animal Communication. Sunderland (MA): Sinauer Associates, Inc., Publishers.

Brandão, R. A. & A. F. B. ARAÚJO. 1998. A herpetofauna da Estação Ecológica de Águas Emendadas. In: Marinho-filho, J.; Rodrigues, F. H. G.; Guimarães, M. M. (orgs.). A Fauna da Estação Ecológica de Águas Emendadas. História Natural e Ecologia em um Fragmento de Cerrado do Brasil Central. Brasília, GDF/IEMA/IBAMA, pp: 9–21.

Brasileiro, C. A.; Sawaya, R. J.; Kiefer, M. C.; Martins, M. 2005. Amphibians of an open Cerrado fragment in southeastern Brazil. Biota Neotropica, 5(2), pp: 1–17.

Bridges, A.S & Dorcas, M.E. 2000. Temporal variation in anuran calling behavior: implications for survey and monitoring programs. Copeia, 2000: 587–592.

Brown J. H. 1995. Macroecology. The University of Chicago Press, Chicago.

Burnham, K. P. & Anderson, D. R. 2002. Model selection and multimodel inference. A practical information - theoretic approach. Springer, New York.

Campos, J. E. G.; Mores, L. L. 2008. Meio Físico: Hidrogeologia. In: Fonseca, R. D. (org). Águas Emendadas. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília-DF.

Cardoso, A. J.; Andrade, G. V. and Haddad, C. F. B. 1989. Distribuição espacial em comunidades de anfíbios (Anura) no sudoeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 49: 241–249.

Cardoso, A. J. & Vielliard, J. M. E. 1990. Vocalização de anfíbios anuros de um ambiente aberto, em Cruzeiro do Sul, Estado do Acre. *Revista Brasileira de Biologia*, 50 (1): 229–242.

Chek, A. A.; Bogart, J. P.; Loughheed, S. C. 2003. Mating signal partitioning in multispecies assemblages: a null model test using frogs. *Ecology Letters*, 6: 235–247.

Cree, A. 1989. Relationship between environmental conditions and nocturnal activity of the terrestrial frog, *Leiopelma archeyi*. *Journal of Herpetology*, 23: 61–68.

Crawley, M.J. 2007. *The R Book*. New York, Wiley. Carvalho, R. D. C. 2008. Meio Físico: localização da Unidade. In: Fonseca, R. D. (org). Águas Emendadas. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília-DF.

Catchpole, C. K. & Slater, P. J. B. 1995. *Bird Song: Biological Themes and Variations*. Cambridge: Cambridge University Press.

Chek, A. A.; Bogart, J. P.; Loughheed S. C. 2003. Mating signal in multi-species assemblages: a null model test using frogs. *Ecology Letters*, 6: 235–247.

Codeplan. 2001. *Anuário Estatístico do Distrito Federal*. Brasília: GDF/SEDUH.

Conte, C. E. & Machado, R. A. 2005. Riqueza de espécies e distribuição espacial e temporal em comunidade de anuros (Amphibia, Anura) em uma localidade de Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(4), pp.940–948.

Conte, C.E.; Nomura, F.; Machado, R. A.; Kwet, A.; Lingnau, R.; Rossa-Feres, D. C., 2010. Novos registros na distribuição geográfica de anuros na floresta com araucária e considerações sobre suas vocalizações. *Biota Neotropica*, 10 (2), pp.0–0.

Crawley, M. J. 2007. *The R Book*. New York, Wiley. Davidson, S. M.; Wilkinson, G. S. 2004. Function of male song in the greater whitelined bat, *Saccopteryx bilineata*. *Animal Behaviour*, 67: 883–891.

De La Riva I.; Márquez R.; Bosch J. 1997. Description of the advertisement calls of some South American Hylidae (Amphibia, Anura): taxonomic and methodological consequences. *Bonn Zoological Bulletin*, 47: 175–185.

De Sá R. O. 1995. *Hyla albopunctata*. Spix, 1824. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles*, pp: 602.1– 602.5.

Dechmann, D. K. N. & Safi, K. 2005. Studying communication in bats. *Cognition, Creier, Comportament / Cognition, Brain, Behavior*, IX (3): 479–496.

Drewry, G. E. & Rand, A. S. 1983. Characteristics of an acoustic community: Puerto Rican frogs of the genus *Eleutherodactylus*. *Copeia*, 983: 941–953.

Donnelly, M.A. & Guyer, C. 1994. Patterns of reproduction and habitat use in assemblage of Neotropical hylid frogs. *Oecologia*, 98: 291–302.

Duellman, W. E. 1967. Courtship isolating mechanisms in Costa Rica hylids frogs. *Herpetologica*, 23(3): 169–183.

Duellman, W. 1967. Social organization in the mating calls of some neotropical anurans. *American Midland Naturalist*, 77(1): 156–163.

Duellman, W. E. & Pyles, R. E. 1983. Acoustic resource partitioning in anuran communities. *Copeia*, 1983: 639–649.

Duellman, W. E. & Trueb, L. 1986. *Biology of Amphibians*. New York: McGrawHill. 670 pp.

Duellman, W. E. 1995. Temporal fluctuations in abundances of anuran amphibians in a seasonal Amazonian rainforest. *Journal of Herpetology*, 29: 13–21.

Duellman, W. E. 1999. Distribution patterns of amphibians in South America. In *patterns of distribution of amphibians: a global perspective* (W.E. Duellman, ed). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp: 255–328.

Eterovick, P. C. & Sazima, I. 2004. *Anfíbios da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil*. Editora PUC Minas, Belo Horizonte, 148 p.

Feinsinger, P.; Spears, E. E.; Poole, R. W. 1981. A simple measure of niche breadth. *Ecology*, 62: 27–32.

Felfili, J. M. 1998. Águas Emendadas no contexto do Cerrado. In: Seminário sobre Unidades de Conservação. Brasília: SEMATEC, pp. 71– 87.

Fonseca, C. P. 2008. Macrófitas aquáticas da Lagoa Bonita. In: Fonseca, F.O. (Org.), Águas Emendadas. Brasília, Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio ambiente.

Forti, L.R. 2009. Temporada reprodutiva, micro-habitat e turno de vocalização de anfíbios anuros em lagoa de Floresta Atlântica, no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, 11(1): 89–98.

Forrest, T. G. 1994. From sender to receiver: propagation and environmental effects on acoustic signals. *American Zoologist*, 34: 644–654.

Fouquette, M. J. 1960. Isolating mechanisms in three sympatric treefrogs in the canal zone. *Evolution*, 14: 484–497.

Freitas, M. A. & Silva, T. F. S. 2007. A Herpetofauna das Caatingas e áreas de altitude do Nordeste Brasileiro. Pelotas. União Sul-Americana de estudos da Biodiversidade, 388 p.

Frost, D. R. 2009. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 5.3 (12 February 2009). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibiaFrost>.

Frost, D. R. 2002. Amphibian species of the world: an online reference. V. 2.21. Disponível em <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. (Acesso: 16 de agosto de 2017).

Frost, D. R. 2015. Amphibians species of the world: an online reference. Version 6.0. Accessible at <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia>.

Frost, D. R. 2017. Amphibia species of the world: an online reference. Version 5.3. Disponível em <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/references>. American Museum of Natural History, New York, USA. (Acesso: 06 de junho de 2017).

Furtado, R.; Santos, S. P.; Dias, T. M.; Bastos, R. P.; Nomura, F. 2016. Vocal repertoire during reproductive and aggressive contexts of three brazilian tree frogs:

Bokermannohyla sapiranga, *Hypsiboas albopunctatus* and *H. goianus* (Anura: Hylidae). South American Journal of Herpetology, 11(2): 136–147.

Gans, C. 1973. Sound production in the Salientia: mechanism and evolution of the emitter. American Zoologist, 13: 1179–1194.

Garcia, P. C. A.; Caramaschi, U.; Kwet, A. 2001. The taxonomic status of the *Hyla cochranae* Mertens and recharacterization of *Aplastodiscus* A. Lutz (Anura, Hylidae). Revista Brasileira de Zoologia, Curitiba, 18 (4): 1197–1218.

Gascon, C. 1991. Population and community level analysis of species occurrences of Central Amazonian rainforest tadpoles. Ecology, 72: 1731–1746.

Gerhardt, H. C. 1982. Sound pattern recognition in some North American treefrogs (Anura: Hylidae): implications for mate choice. American Zoologist, 22:581–95.

Gerhardt, H. C. 1991. Female mate choice in treefrogs: static and dynamic acoustic criteria. Animal Behaviour, 42: 615–635.

Gerhardt, H. C.; Dyson, M. L.; Tanner, S. D.; Murphy, C. G. 1994. Female treefrogs do not avoid heterospecific calls during phonotactic approaches to conspecific calls: implications for mechanisms of mate choice. Animal Behaviour, 47: 1323–1332.

Gerhardt, H. C. 1994. The evolution of vocalization in frogs and toads. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 25: 293–324.

Gerhardt, H. C. & Schwartz, J. J. 1995. Interspecific interactions in anuran courtship. In: Amphibian Biology (eds. Heatwole, H. & Sullivan, B. K.). Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, pp. 603–632.

Gerhardt, H. C. & Huber, F. 2002. Acoustic Communication in Insects and Anurans: Common Problems and Diverse Solutions. Chicago e Londres: University of Chicago Press. 531p.

Grenat, P. R.; Valetti, J. A.; Martino, A. L. 2013. Intra-specific variation in advertisement call of *Odontophrynus cordobae* (Anura, Cycloramphidae): a multilevel and multifactor analysis. Amphibia- Reptilia, 34(4): 471–482.

Giacoma, C.; Zugolaro, C.; Beani, L. 1997. The advertisement calls of the green toad (*Bufo viridis*): variability and role in mate choice. Herpetologica, 53: 454– 464.

Gilbert, B.; Srivastava, D. S.; Kirby, K. R. 2008. Niche partitioning at multiple scales facilitates coexistence among mosquito larvae. *Oikos*, 117: 944–950.

Gillooly, J. F. & Ophir, A. G. 2010. The energetic basis of acoustic communication. *Proceedings of the Royal Society B*, 277: 1325–1331.

Gridi-Papp, M. 2008. The structure of vocal sounds produced with the mouth closed or with the mouth open in treefrogs. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(5): 2895–2902.

Gomez- Mestre, I.; Pyron, R. A.; Wiens, J. J. 2012. Phylogenetic analyses reveal unexpected patterns in the evolution of reproductive modes in frogs. *Evolution*, 66 (12): 3687–3700.

Goodenough, J.; McGuire, B.; Wallace, R. 1993. *Perspectives on animal behavior*. New York: John Wiley & Sons, Inc. 762 p.

Gotelli, N. J. & Ellison, A. M. 2013. *EcoSimR: Null models for ecology*. The Comprehensive R Archive Network. <http://www.uvm.edu/~ngotelli/EcoSim/EcoSim.html>. (Acesso: 15 de fevereiro de 2017).

Gotelli, N. J. & McCabe, D. J. 2002. Species co-occurrence: a meta-analysis of J. M. Diamond's assembly rules model. *Ecology*, 83: 2091–6.

Gotelli, N.J. & Ellison, A. M. 2011. *Princípios de Estatística em Ecologia*. Tradução: Fabrício Beggiato Baccaro. Porto Alegre, Artmed, 528 p.

Gottsberger, B. & Gruber, E. 2004. Temporal partitioning of reproductive activity in a neotropical anuran community. *Journal of Tropical Ecology*, 20: 271–280.

Grenat, P. R.; Valetti, J. A.; Martino, A. L. 2013. Intra-specific variation in advertisement call of *Odontophrynus cordobae* (Anura, Cycloramphidae): a multilevel and multifactor analysis. *Amphibia-Reptilia*, 34(4): 471–482.

Guimarães, L. dall'Ara & Bastos, R. P. 2003. Vocalizações e interações acústicas em *Hyla raniceps* (Anura, Hylidae) durante a atividade reprodutiva. *Iheringia. Série Zoologia*, 93(2): 149–158.

Haddad, C. F. B. & Sawaya, R. J. 2000. Reproductive modes of Atlantic forest hylid frogs: a general overview and the description of a new mode. *Biotropica*, 32(46): 862–871.

Haddad, C. F. B.; Andrade, G. V.; Cardoso, A. J. 1988. Anfíbios anuros no Parque Nacional da Serra da Canastra, Estado de Minas Gerais. *Brasil Florestal*, 64: 9–20.

Haddad, C. F. B. & Prado, C. P. A. 2005. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *BioScience*, 55: 207–217.

Haddad, C. F. B.; Toledo, L. F.; Prado, C. P. A. 2008. Anfíbios da Mata Atlântica: guia dos anfíbios anuros da Mata Atlântica. Ed. Neotropica, São Paulo.

Hauser, M. D.; Chomsky, N.; Fitch, W. T. 2002. The faculty of language: what is it, who has it, and how did it evolve? *Science*, 298: 1569–1579.

Heyer, W. R.; Rand A. S.; Cruz C. A. G.; Peixoto, O. L.; Nelson, C. E. 1990. Frogs of Boracéia. *Arquivos de Zoologia*, São Paulo, 31: 231–410.

Hödl, W. 1977. Call differences and calling site segregation in anuran species from central Amazonian floating meadows. *Oecologia*, 28(4): 351–363.

Hutchison, V. H. & Dupre, R. K. 1992. Thermoregulation. In: M. E. Feder and W. W. Burggren (eds.), *Environmental Physiology of the Amphibians*, pp. 206–249. University of Chicago Press., Chicago.

Jaeger, R. G. 1981. Activity of Neotropical frogs in relation to ambient light. *Biotropica*, 13: 50–65.

Johnson, J. B. & Omland, K. S. 2004. Model selection in ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution*, 19: 101–10.

Kelley, D. B. 2004. Vocal communication in frogs. *Neurobiology of Behavior*, 44: 751–757.

Köhler, J.; Jansen, M.; Rodrigues, A.; Kok, P. J. R.; Toledo, L. T.; Emmrich, M.; Glaw, F.; Haddad, C. F. B.; Rodel, M. O. 2017. The use of bioacoustics in anuran taxonomy: Theory, terminology, methods and recommendations for best practice. *Zootaxa*, 4251: 1–124.

Kopp, K.; Signorelli, L.; Bastos, R. P. 2010. Distribuição temporal e diversidade de modos reprodutivos de anfíbios anuros no Parque Nacional das Emas e entorno, Estado de Goiás, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 100(3): 192–200.

Krebs, J. R. & Davies, N. B. 1996. A modelagem de sinais: ecologia e evolução. In *Introdução à Ecologia Comportamental*. Atheneu Editora São Paulo.

Kroodsma, D. E. & Miller, E. 1982. *Acoustic Communication in Birds*, Vol. 2. New York: Academic Press.

Lamb, T. & Arise, J. C. 1986. Directional introgression of mitochondrial DNA in a hybrid population of tree frogs: the influence of mating behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 83: 2526–2530.

Leite Jr., Sampaio, J. M. S.; Silva-Leite, R. R.; Toledo, L. F.; Loebmann, D.; Leite, J. R. S. A. 2008. Amphibia, Anura, Hylidae, *Scinax fuscomarginatus*: distribution extension. *Check List*, 4(4): 475–477.

Lima, A. P. & Magnusson, W. E.; Menin, M.; Erdtmann, L. K.; Rodrigues, D. J.; Keller, C.; Hodl, W. 2006. *Guia de sapos da reserva Adolpho Ducke*. Amazônia Central. Ed. Attema. Manaus, AM.

Lima, J. E. F. W. & Silva, E. M. 2008. Hidrografia. In: Fonseca, R. D. (org). *Águas Emendadas*. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília-DF.

Lingnau, R. 2009. Distribuição temporal, atividade reprodutiva e vocalizações em uma assembleia de anfíbios anuros de uma Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina, sul do Brasil. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Littlejohn, M. J. 1965. Vocal communication in frogs. *Aust. Nat. Hist.*, 15: 52–55.

Littlejohn, M. J. 1965. Vocal communication in frogs. *Australian. Natural History*, 15, 52-55.

Littlejohn, M. J. & Martin, A. A. 1966. Problems of sound communication in mixed species choruses of anurans. *Bull. Ecol. Soc. Am*: 47–150 (Abstract).

Littlejohn, M. J. e A. A. Martin 1969. Acoustic interaction between two species of leptodactylid frogs, *Anim. Behav.*, 17: 785– 791.

Littlejohn, M. J. 1977. Long-Range Acoustic Communication in Anurans: an Integrated and Evolutionary Approach. In: Tylor D. H., Guttman, SI (eds). *The reproductive biology of amphibians*. Plenum Press, New York: 263– 294.

Loebmann, D. 2005. Guia ilustrado: os Anfíbios da Região Costeira do Extremo Sul do Brasil. USEB, Pelotas.

Loebmann, D. & C. F. B. Haddad. 2010. Amphibians and reptiles from a highly diverse area of the Caatinga domain: composition and conservation implications. *Biota Neotropica*, 10(3): 227–255.

Loftus-Hills, J. J. 1973. Comparative aspects of auditory functions in Australian anurans. *Australian Journal of Zoology*, 21: 353–367.

Luddecke, H.; Amézquita, A.; Bernal, X. E.; Ayala, F. G. 2000. Partitioning of vocal activity in a Neotropical highland-frog community. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 35: 185–194.

Lutz B. 1973. Brazilian Species of *Hyla*. Austin & London: University of Texas Press.

Marshall, V. T.; Schwartz, J. J.; Gerhardt, H. C. 2006. Effects of heterospecific call overlap on the phonotactic behaviour of grey treefrogs. *Animal Behaviour*, 72(2): 449–459.

Maia, J. M. F.; Baptista, G. M. M. 2008. Hidrografia. In: Fonseca, R. D. (org). Águas Emendadas. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília-DF.

Manly, B. F. J. 2008. Métodos Estatísticos Multivariados: Uma Introdução. 3ª Ed. Editora Bookman. 229 p.

Martin, W. F. 1971. Mechanics of sound production in toads of the genus *Bufo*: Passive elements. *Journal of Experimental Zoology*, 176: 273–294.

Martin, W. F. 1972. Evolution of vocalization in the genus *Bufo*, pp. 279–309. In: *Evolution in the Genus Bufo*. W. F. Blair (ed.). Univ. Texas, Austin.

Martin, W. F. & Gans, C. 1972. Muscular control of the vocal tract during release signalling in the toad *Bufo valliceps*. *Journal of Morphology*, 137: 1–27.

Martino, A.L. & Sinsch, U. 2002. Speciation by polyploidy in *Odontophrynus americanus*. *Journal of Zoology*, 257: 67–81.

Martins, I. A.; Almeida, S. C.; Jim, J. 2006. Calling sites and acoustic partitioning in species of the *Hyla nana* and *Hyla rubicundula* group. *Herpetological Journal*, 16: 239–247.

Martins, M.; Pombal Jr., J. P.; Haddad, C. F. B. 1998. Escalated aggressive behaviour and facultative parental care in the nest building gladiator frog, *Hyla faber*. *Amphibia-Reptilia*, 19: 65–73.

Maury, C. M. 1994. Levantamento florístico da Estação Ecológica de Águas Emendadas. *Boletim do herbário Ezechias Paulo Heringer*, 1: 46–67.

McNab, B. K. 2002. *The Physiological Ecology of Vertebrates: A View From Energetics*. Cornell University Press, New York. 576 p.

Moraes, L. L. & Campos, J. E. G. 2008. Geologia. In: Fonseca, R. D. (org). Águas Emendadas. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília-DF.

Morais, A.R.; Signorelli, I.; Gambale, P. G.; Kopp, K.; Nomura, F.; Guimarães, L. D.; Vaz-Silva, W.; Ramos, J.; Bastos, R. P. 2011. Anuran amphibians associated to water bodies in Southwest of Goiás State (Brazil). *Biota Neotropica*, 11(3): 355–363.

Morton, E. S. 1975. Ecological sources of selection on avian sounds. *American Nature*, 109:17–34.

Munhoz, C. B. R. & Ribeiro, J. F. 2008. Veredas. In: Fonseca, F.O. (Org.), Águas Emendadas. Brasília, Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio ambiente.

Napoli, M. F. & Caramaschi, U. 1999. Geographic variation of *Hyla rubicundula* and *Hyla anataliasiasi*, with the description of a new species (Anura, Hylidae), *Alytes* 16: (3–4): 165–189.

Narins, P. M., & Zelick, R. 1988. The effects of noise on auditory processing and behavior in amphibians. pp. 511–536. In: Fritzsche, B.; Ryan, M. J.; W. Wilczynski, W.; Hetherington, T. E.; Walkowiak, W. (eds). *The evolution of the amphibian auditory system*. John Wiley, New York.

Navas, C. A. 1996. The effect of temperature on the vocal activity of tropical anurans: a comparison of high and low-elevation species. *Journal of Herpetology*, 30: 488–497.

Navas, C. A. & C. R. Bevier. 2001. Thermal dependency of calling performance in the eurythermic frog *Colostethus subpunctatus*. *Herpetologica*, 57: 384–395.

Ossen, K. L. & Wassersug, R.J. 2002. Environmental factors influencing calling in sympatric anurans. *Oecologia*, 133: 616–625.

Otte, D. 1974. Effects and functions in the evolution of signaling systems. *Annual Review of Ecology and Systematics Journal*, 5: 385–417.

Pauly, G. B.; Bernal, X. E.; Rand, A. S.; Ryan, M. J. 2006. The role of the vocal sac in increasing call rate in *Physalaemus pustulosus*. *Physiological and Biochemical Zoology*, 79: 708–719.

Pianka E. R. 1973. The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics Journal*, 4: 53–74.

Pombal, JR. J. 2010. O espaço em uma taxocenose de anuros (amphibia) do sudoeste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, 68: 135–144.

Pough, H. F.; Taigen, T. L.; Stewart, M. M.; Brassard, P. F. 1983. Behavioral modification of evaporative water loss by a Puerto Rican frog. *Ecology*, 64: 244–252.

Prado, C. P. A.; Uetanabaro, M.; Haddad, C. F. B. 2005. Breeding activity patterns, reproductive modes, and habitat use by anurans (Amphibia) in a seasonal environment in the Pantanal, Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 26: 211–221.

Preininger, D.; Handschuh, S.; Boeckle, M.; Sztatecsny, M.; Hödl, W. 2016. Comparison of female and male vocalization and larynx morphology in the size dimorphic foot-flagging frog species *Staurois guttatus*. *Herpetological Journal*, 26: 187–197.

Pröhl, H.; Hagemann, S.; Karsch, J.; Höbel, G. 2007. Geographic variation in male sexual signals in strawberry poison frogs (*Dendrobates pumilio*). *Ethology*, 113: 825–837.

Pugliese, A.; Pombal Jr., J. P.; Sazima, I. 2004. A new species of *Scinax* (Anura: Hylidae) from rocky montane fields of the Serra do Cipó, Southeastern Brazil. *Zootaxa*, 688:1–15.

Quinn, G. P. & Keough, M. J. 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press, New York, pp: 58–110.

Rabb, G. B. 1960. On the unique sound production of the Surinam toad (*Pipa pipa*). *Copeia*, 1960 (4): 368-369.

Rand, A. S. 1988. An overview of anuran acoustic communication. In: Frittsch, B.; Ryan, M. J.; Wilczynski, W.; Hetherington, T. E.; Walkowiak, W. (eds). *The evolution of the amphibian auditory system*. John Wiley & Sons, New York, pp: 415–432.

R Development Core Team. 2011. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Ribeiro, R. S.; Egito, G. T. B. T. E.; Haddad, C. F. B. 2005. Chave de identificação: anfíbios anuros da vertente de Jundiá da serra do Japi, estado de São Paulo. *Biota Neotropica*. v. 5 (n2).

Rodrigues, D. J.; Uetanabaro, M.; Lopes, F. S. 2005. Reproductive patterns of *Trachycephalus venulosus* (Laurenti, 1768) and *Scinax fuscovarius* (Lutz, 1925) from the Cerrado, Central Brazil. *Journal of Natural History*, 39 (35): 3217–3226.

Römer, H. 1998. The sensory ecology of acoustic communication in insects. In: Hoy, R. R; Popper, A. N.; Fay, R. R, eds. *Comparative hearing: Insects*. New York: Springer Handbook of auditory research, pp: 63–96.

Rossa-Feres, D. C. & Jim, J. 2001. Similaridade do sítio de vocalização em uma comunidade de anfíbios anuros na região de noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18 (2): 439–454.

Ryan, M. J. & Brenowitz, E. A. 1985. The role of body size, phylogeny, and ambient noise in the evolution of bird song. *The American Naturalist*, 126: 87–100.

Ryan, M. J. & Wilczynski, W. 1991. Evolution of intraspecific variation in the advertisement call of a cricket frog (*Acris crepitans*, Hylidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 44 (3): 249–271.

Saenz, D.; Fitzgerald, L. A.; Baum, K. A.; Conner R. N. 2006. Abiotic correlates of anuran calling phenology: the importance of rain, temperature, and season. *Herpetological Monographs*, 20: 64–82.

Santos, T. G.; Rossa-Feres D. C.; Casatti, L. 2007. Diversidade e distribuição espaço-temporal de anuros em região com pronunciada estação seca no sudeste do Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 97: 37–49.

Santos, T. G.; Kopp, K.; Spies, M. R.; Trevisan, R.; Cechin, S. Z. 2008. Distribuição temporal e espacial de anuros em área de Pampa, Santa Maria, RS. *Iheringia, Série Zoologia*, 98 (2): 244–253.

Santoro, G. R. C. C. & Brandão, R. A., 2014. Reproductive modes, habitat use, and richness of anurans from Chapada dos Veadeiros, central Brazil. *North- Western Journal of Zoology*, 10 (2): 365–373.

Schmidt, R. S. 1972 a. Action of intrinsic laryngeal muscles during release calling in leopard frog. *Journal of Experimental Zoology*, 181: 233–244.

Schmidt, R. S. 1972 b. Release calling and inflating movements in anurans. *Copeia*, 1972: 240–245.

Schmidt, R. S. 1976. Neural correlates of frog calling. *Journal of Comparative Physiology*, 108: 99–113.

Schmidt, A. K. D.; Römer, H.; Riede, K. 2013. Spectral niche segregation and community organization in a tropical cricket assemblage. *Behavioral Ecology*, 24 (2): 470–480.

Schwartz, J. J & Wells, K. D. 1984. Interspecific acoustic interactions of the neotropical treefrog *Hyla ebraccata*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 14: 211–224.

Schwartz, J. J. 2001. Call Monitoring and Interactive Playback Systems in the Study of Acoustic Interactions Among Male Anurans. In: Ryan, M. J (ed). *Anuran Communication*. Smithsonian Institution Press, Washington, pp: 183–204.

Searcy, W. A. & Andersson, M. 1986. Sexual selection and the evolution of song. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17: 507–533.

Silva- Júnior N. J.; Cintra, C. E. D.; Silva, H. L. R.; Costa, M. C.; Souza, C. A.; Pacheco, Jr., A. A.; Gonçalves, F. A. 2009. Herpetofauna, Ponte de Pedra Hydroelectric Power Plant, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Check List*, 5 (3): 518–525.

Silva, Jr. & Felfili, J. M. 1996. A vegetação da Estação Ecológica de Águas Emendadas. Brasília: SEMATEC/ IEMA, 43 p.

Silva, P. R. A. 2010. Bioacústica de *Barycholos ternetzi* (Miranda-Ribeiro, 1937) no Brasil Central. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, 48p.

Silva, R. A.; Martins, I. A; Rossa-Feres, D. D. C. 2008. Bioacústica e sítio de vocalização em taxocenoses de anuros de área aberta no noroeste paulista. *Biota Neotropica*, 8 (3): 123–134.

Silveira, A. L. 2006. Anfíbios do município de João Pinheiro, uma área de cerrado no noroeste de Minas Gerais, Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, 64 (2): 131–139.

Souza, M. das G.; Rodrigues, M. do S.; Gomes, P. P. 2008. Microflora da Lagoa Bonita. In: Fonseca, F.O. (Org.), *Águas Emendadas*. Brasília, Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio ambiente.

Starnberger, I.; Poth, D.; Peram, P. S.; Schulz, S.; Vences, M.; Knudsen, J.; Barej, M. F.; Rodel, M.O.; Walzl, M.; Hödl, W. 2013. Take time to smell the frogs: Vocal sac glands of reed frogs (Anura: Hyperoliidae) contain species-specific chemical cocktails. *Biological Journal of the Linnean Society*, 110 (4): 828–838.

Starnberger, I.; Preininger, D.; Hödl, W. 2014 a. From uni- to multimodality: towards an integrative view on anuran communication. *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*, 200 (9): 777–787.

Starnberger, I.; Preininger, D.; Hödl, W. 2014 b. The anuran vocal sac: A tool for multimodal signalling. *Animal Behaviour*, 97: 281–288.

Sullivan, B. K. 1982. Sexual selection in woodhouse's toad (*Bufo woodhousei*) In: Chorus organization- *Anim. Behav.* 30: 680–686.

Sullivan, B. K. 1992. Calling behavior of the southwestern toad (*Bufo microscaphus*). *Herpetologica*, 48: 383– 389.

Sullivan, B. K.; Ryan, M. J. e Verrel, P. A. 1995. Female choice and mating system structure. In: Heatwole, H. & Sullivan, B.K. (Eds.), *Amphibian biology*. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton, v. 2, *Social Behaviour*, pp: 469–517.

Sueur, J.; Aubin, T.; Simonis, C. 2008. Seewave, a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics*, 18: 213–226.

Teixeira, B. F. da V. & Giaretta, A. A. 2015. Setting a fundament for taxonomy : advertisement calls from the type localities of three species of the *Dendropsophus rubicundulus* group (Anura : Hylidae). *Salamandra*, 51 (2): 137–146.

Tilman, D. 2004. Niche tradeoffs, neutrality, and community structure: a stochastic theory of resource competition, invasion, and community assembly. *PNAS* 10: 10854–10861.

- Todorov, V. & Filzmoser, P. 2010. Robust statistic for the one-way MANOVA. *Computational Statistics and Data Analysis*, 54(1): 37–48.
- Toft, C. A. 1985. Resource Partitioning in amphibians and reptiles. *Copeia*, 1985: 1–21.
- Toledo, L. F.; Zina, J.; Haddad, C.F.B. 2003. Distribuição espacial e temporal de uma comunidade de anfíbios anuros do município de Rio Claro, São Paulo, Brasil *Holos Environment*, 3(2): 136–149.
- Toledo, L. F. & Haddad, C. F. B. 2005. Acoustic repertoire and calling site of *Scinax fuscomarginatus* (Anura, Hylidae). *Journal of Herpetology*, 39 (3): 455–464.
- Toledo, L. F.; Giovanelli, J. G. R.; Giasson, L. O. M.; Prado, C. P. A.; Guimarães, L. D.; Bastos, R. P.; Haddad, C. F. B. 2007. Guia interativo dos anfíbios anuros do Cerrado, Campos Rupestres e Pantanal. *Neotropica*, São Paulo.
- Toledo, L.F.; Garey, M. V.; Costa, T. R. N.; Lourenço de Moraes, R.; Hartmann, M. T.; Haddad, C. F. B. 2012. Alternative reproductive modes of Atlantic forest frogs. *Journal of Ethology*, 30 (2): 331–336.
- Truax, Barry. 2001. *Acoustic Communication*. Westport: Ablex Publishing.
- Uetanabaro, M.; Prado, C. P. de A.; Rodrigues, D. de J. R.; Gordo, M.; Campos, Z. 2008. Guia de campo dos anuros do Pantanal e Planalto de entorno. Editora UFMS. Campo Grande- MS. 196 p.
- Valdujo, P. H.; Silvano, D. L.; Colli, G.; Martins, M. 2012. Anuran species composition and distribution patterns in Brazilian Cerrado, a Neotropical Hotspot. *South American Journal of Herpetology*, 7 (2): 63–78.
- Vieira, R. R. S.; Batista, V. G.; Bastos, R. P. 2016. Acoustic communication in two species of the *Hypsiboas albopunctatus* group (Anura: Hylidae) in sympatry and allopatry. *Zoologia (Curitiba)*, 33(2): 1–10.
- Vielliard, J. M. E. & Cardoso, A. J. 1996. Adaptação de sinais sonoros de anfíbios e aves a ambientes de riachos com corredeiras. In: J. E. Pefaur (ed.), *Herpetologia neotropical. Acta Del II Congreso Latino Americano de Herpetologia*, Universidad de Los Andes. Consejo de Desarrollo, Humanístico y Tecnológico, Mérida, Venezuela, 2: 97–119.

Wells, K. D. 2001. The energetics of calling in frogs. In: Ryan MJ (ed) *Anuran Communication*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, pp: 45–60.

Wells, K. D. 1977. The courtship of frogs. In: Taylor, D. H. & Guttman, S. I. (eds.) *The Reproductive Biology of Amphibians*. New York, Plenum. 475p.

Wells, K. D. 1977 a. The social behaviour of anuran amphibians. *Animal Behaviour*, 25: 666–693.

Wells, K. D. & Taigen, T. L. 1989. Calling energetics of a neotropical treefrog, *Hyla microcephala*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 25 (1): 3–22.

Wells, K. D.; Taigen, T. L.; O' Brien, J. A. 1996. The effect of temperature on calling energetic of the spring peeper (*Pseudacris crucifer*). *Amphibia-Reptilia*, 17:149–158.

Wells, K. D. 2007. The ecology and behavior of amphibians. The University of Chicago Press, Chicago. 1148 p.

Winemiller, K. O. & Pianka, E. R. 1990. Organization in natural assemblages of desert lizards and tropical fishes. *Ecological Monographs*: 27–55.

Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A., Smith, G. M. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Gail M, Krickeberg K, Samet JM, Tsiatis A, Wong W, editors. New York, NY: Springer Science and Business Media.

Wollerman, L. 1999. Acoustic interference limits call detection in a Neotropical frog *Hyla ebraccata*. *Animal Behaviour*, 57 (3): 529–536.

Wollerman, L.; & Wiley, R. H. 2002. Possibilities for error during communication by Neotropical frogs in a complex acoustic environment. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, . 52: 465–473.